



Gestão da Informação no Centro de Inovação em Engenharia e Tecnologia Industrial: uma abordagem CDIO

MARIANA MIGUEL PINTO PEREIRA DA SILVA

dezembro de 2021

POLITÉCNICO DO PORTO
INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO

Gestão da Informação no Centro de Inovação em Engenharia e Tecnologia Industrial: uma abordagem CDIO

Mariana Miguel Silva

Mestrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores
Área de Especialização em Sistemas e Planeamento Industrial



DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELETROTÉCNICA
Instituto Superior de Engenharia do Porto

Dezembro, 2021

Esta dissertação satisfaz, parcialmente, os requisitos que constam da Ficha de Unidade Curricular de Tese/Dissertação, do 2º ano, do Mestrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores, Área de Especialização em Sistemas e Planeamento Industrial.

Candidato: Mariana Miguel Silva, Nº 1160632, 1160632@isep.ipp.pt

Orientação Científica: Professor Doutor Gustavo Ribeiro Alves,
gca@isep.ipp.pt

Coorientação Científica: Professor Doutor André Vaz Fidalgo,
anf@isep.ipp.pt



DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELETROTÉCNICA
Instituto Superior de Engenharia do Porto
Rua Dr. António Bernardino de Almeida, 431, 4249-015 Porto

Dezembro, 2021

Aos meus Pais...

Agradecimentos

Devo a conclusão desta dissertação ao apoio e ajuda de várias pessoas, às quais quero agradecer.

Em primeiro lugar à minha família, pelo o apoio ímpar prestado ao longo do meu percurso académico, todas as palavras de motivação e incentivo, sem as quais não teria sido possível concluir esta etapa. A eles dedico todo o meu esforço.

Ao CIETI e a toda a sua equipa, pela disponibilização dos recursos de tempo e de informação que foram simplesmente indispensáveis à conclusão deste trabalho.

Ao meu orientador, Professor Doutor Gustavo Ribeiro Alves e coorientador Professor Doutor André Vaz Fidalgo, pela inestimável paciência e enorme tolerância, pelo apoio quando faltava a coragem, e pelas críticas e sugestões que vieram enriquecer este trabalho.

A todos os meus amigos, por todas as mensagens de coragem em que me envolveram, em especial à Rita e ao Diogo, pelo apoio em todas as fases desta dissertação.

Ao Instituto Superior de Engenharia do Porto, em especial ao Departamento de Engenharia Eletrotécnica, agradeço a excelência de ensino e docentes.

A todos o meu sincero obrigada!

Nota ao Leitor

A presente dissertação foi redigida através do OverLeaf, um editor de LaTeX, o qual apresenta particularidades, nomeadamente a ordem pela qual a numeração das referências surge no documento.

Resumo

Entre as várias teorias e documentos que existem sobre a gestão de empresas, gestão de projetos e operações, poucos se debruçam sobre os Centros de Investigação e Desenvolvimento (CID). No entanto, os recursos disponíveis na área de gestão são adaptáveis aos CID, tendo em conta as características específicas que os distinguem.

Recorrendo às teorias de Gestão da Informação (GI) de uma organização, esta dissertação tem como objeto de estudo o Centro de Inovação em Engenharia e Tecnologia Industrial (CIETI), um grupo de investigação do Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP).

O estudo reside na análise da gestão do fluxo da informação do CIETI e identificar todos os *inputs* e *outputs* do seu fluxo, considerando os Sistemas de Informação (SI) que suportam esta Unidade de Investigação & Desenvolvimento (I&D). Deste modo, é proposto um modelo de gestão do fluxo da informação do CIETI, o qual vai ao encontro de várias premissas da Unidade, correspondendo aos critérios de avaliação e monitorização de entidades externas e aos do ISEP. Para tal, realiza-se o levantamento e caracterização dos processos do CIETI e são identificados os intervenientes de cada um. A metodologia seguida no estudo teve por base a abordagem *Conceive, Design, Implement, Operate* (CDIO), que se revelou fundamental para projetar e implementar novas ferramentas e documentos de apoio à gestão do fluxo da informação no CIETI, assim como a operacionalização de processos existentes.

A conceção deste modelo permite, entre outras, a definição de momentos concretos de solicitação de contributos e informações ao grupo, o que estimula a criação de hábitos organizacionais, particularmente importantes para a gestão do fluxo da informação do CIETI.

Assim, o modelo de gestão do fluxo da informação do CIETI contribui para o aumento do desempenho do grupo, uma vez que torna mais eficaz e eficiente o seu sistema de trabalho. Pode ainda potenciar a motivação dos seus membros, com os bons resultados da estrutura em que se inserem, tornando-se mais visível a participação de cada um para o CIETI.

Palavras-Chave: Gestão da Informação, Fluxo de Informação, CDIO, Organização, Unidade I&D, Centro de Investigação e Desenvolvimento, CIETI.

Abstract

Among the various theories and documents that exist on business management, project management and operations, few focus on the Research and Development Centers (RDC). However, the resources available in the management area are adaptable to the RDC, taking into account the specific characteristics that distinguish them.

Using the theories of Information Management (IM) of an organization, this dissertation has as its object of study the Center for Innovation in Engineering and Industrial Technology (CIETI), a research group from the Polytechnic of Porto - School of Engineering (ISEP).

This study aims to analyse the management of information flow of CIETI and to identify all the inputs and outputs of its flow, considering the Information Systems (IS) that support this Research & Development (R&D) Unit. This way, a model for the management of information flow of CIETI is proposed, which meets the various premises of the Unit, corresponding to the evaluation and monitoring criteria of external entities and ISEP's. In order to do this, data from CIETI processes will be collected and characterized and the stakeholders of each one will be identified. The methodology followed in this study was based on the *Conceive, Design, Implement, Operate* (CDIO) approach, which proved to be essential to design and implement new tools and documents to support the management of information flow of CIETI, as well as the operationalization of existing processes.

The conception of this model allows, among other things, the definition of concrete moments to request contributions and information from the group, which stimulates the creation of organizational habits, which are particularly important for the management of the information flow of CIETI.

CIETI's information flow contributes to enhance the group's performance, as it makes its work system more effective and efficient. It can also boost the motivation of its members, due to the useful way in which the information is structured, making the participation of each one more visible to the CIETI.

Keywords: Information Management, Information Flow, CDIO, Organization, Unit R&D, Research and Development Centre, CIETI.

Índice

Lista de Figuras	ix
Lista de Tabelas	xi
Lista de Acrónimos	xiii
1 Introdução	1
1.1 Enquadramento	1
1.2 Motivação	2
1.3 Definição do Problema	3
1.3.1 Objetivos	3
1.4 Metodologia	3
1.5 Organização do Documento	5
2 Estado de Arte	7
2.1 Fluxo de Informação	7
2.2 Gestão da Informação	8
2.2.1 Gestão da Informação nas Organizações	9
2.2.2 Controlo do Fluxo de Informação nas Organizações	11
2.3 Abordagem CDIO	13
2.3.1 Coonceito	14
2.3.2 Estrutura	15
2.3.3 Iniciativa	16
3 Objeto de Aplicação: Centro de Inovação em Engenharia e Tecnologia Industrial	21
3.1 Caracterização do CIETI	21
3.1.1 Núcleos de Investigação e Desenvolvimento	25
3.1.2 Inserção na Estrutura Interna do ISEP	26
3.1.3 Interação com Organismos Externos	28
3.2 Projetos e Parcerias	29
3.2.1 Financiamento ao Abrigo do Programa Plurianual da FCT	34
3.2.2 Centro de Custos	35
3.3 Produção e Reconhecimento	35

3.3.1	Identificadores/indicadores de atividade científica	36
4	Gestão da Informação no Centro de Inovação em Engenharia e Tecnologia Industrial	39
4.1	Contexto Atual	39
4.1.1	CIETI - Núcleos	40
4.1.2	CIETI - ISEP	41
	Secção de Contabilidade e Orçamento	41
	Gabinete de Apoio a Projetos	42
	Gabinete de Planeamento e Qualidade	43
	Biblioteca	44
	Núcleo do Bolseiro	46
	Secção de Pessoal	47
4.1.3	CIETI - FCT	48
	Portal de Ciência e Tecnologia	48
	Sistema de Informação da FCT	49
4.1.4	CIETI - DGEEC	50
4.2	Diagnóstico e Propostas de Melhoria	51
5	Implementação e Discussão de Propostas de Melhoria	53
5.1	Implementação das Propostas de Melhoria	53
5.1.1	Criação de um Grupo na <i>OneDrive</i>	53
5.1.2	Atualização das Coleções do CIETI no RECIPP	55
5.1.3	Atualização da Equipa no FCT-SIG	58
5.1.4	Atualização do <i>site</i> do CIETI	60
5.1.5	Relatório de Progresso Científico	66
5.1.6	Inquérito ao Potencial Científico e Tecnológico Nacional 2020	71
5.2	Análise e Discussão dos Resultados	74
5.3	Outros Trabalhos	80
5.3.1	Base Bibliográfica VISIR	81
5.3.2	Análise Bibliométrica EDUCON	82
6	Conclusões	83
6.1	Considerações Finais	83
6.2	Trabalho Futuro	85
	Referências	87
A	CDIO	95
A.1	<i>The CDIO Syllabus</i>	95
A.2	Padrões Iniciativa CDIO	137

B CIETI	153
B.1 Parcerias com o CIETI	153
B.2 Prémios do CIETI	156
B.3 Pedido de Autorização de Despesa	157
B.4 Pedido de Autorização de Receita	160
B.5 Serviços Pedidos de Autorização Eletrónicos	163
B.6 Campos de Atuação da Biblioteca	163
B.7 Campos de Atuação da Secção de Pessoal	164
B.8 Campos de Atuação do Gabinete de Planeamento e Qualidade	164
B.9 Campos de Atuação do Gabinete de Apoio a Projetos	165
B.10 Estrutura Relatório Atividades Setorial do CIETI	165
B.11 Funcionalidades FCT-SIG: Projectos de I&D	167
B.12 Ficha Individual IPCTN2020	168

Lista de Figuras

1.1	Fluxograma CDIO [1].	4
2.1	Exemplo de uma Rede de Petri [2].	12
2.2	Logótipo do CDIO [3].	14
3.1	Página oficial do CIETI [4].	22
3.2	Organograma do CIETI.	23
3.3	Estrutura interna do CIETI.	26
3.4	Grupos de I&D do ISEP [5].	26
3.5	Interação do CIETI com serviços do ISEP.	27
3.6	Organograma do ISEP [6].	28
3.7	Interações do CIETI com organismos externos.	29
3.8	Etapas de candidatura a um projeto.	30
3.9	Cronologia de projetos com participação (coordenação) do CIETI.	33
3.10	Fluxo de informação entre plataformas.	38
3.11	Interação dos membros do CIETI face a plataformas coletivas/individuais.	38
4.1	Cronologia de atividades no CIETI.	40
4.2	Interação CIETI-SCO.	42
4.3	Interação CIETI-GPR.	43
4.4	Mapa temporal da interação CIETI-GPQ.	44
4.5	Comunidades & Coleções do RECIPP.	45
4.6	Comunidade ISEP no RECIPP.	45
4.7	Sub-comunidades do ISEP (a) e coleções do CIETI (b) (novembro 2020).	46
4.8	Interação CIETI-BIB.	46
4.9	Interação CIETI-NB.	47
4.10	Portal de Ciência e Tecnologia (PCT).	49
4.11	Secções do IPCTN2020 [7].	50
4.12	Interação CIETI-DGEEC.	50
4.13	Interação da Presidência com Diretores.	51
5.1	Subpastas do grupo CIETI na <i>OneDrive</i>	54

5.2	Processo de atualização do RECIPP, relativamente à coleção CIETI.	55
5.3	Modos de submissão no RECIPP.	56
5.4	Importar dados através do DOI, no RECIPP.	57
5.5	Selecionar coleções no RECIPP.	57
5.6	Sub-comunidades do ISEP (a) e coleções do CIETI (b) (maio 2021).	58
5.7	Campos de preenchimento para atualizar a equipa junto da FCT. . .	59
5.8	Interface CMS Made Simple.	61
5.9	Menu Texto das Páginas.	61
5.10	Projetos de investigação em curso (EXTRATOTECA) (fonte: Relatório de Atividades Setorial 2019-2020).	62
5.11	Processo de atualização da página Projetos no <i>site</i> do CIETI.	63
5.12	Página <i>online</i> das Conferências [4].	64
5.13	Página <i>online</i> dos Serviços [4].	64
5.14	Página <i>online</i> das Últimas Notícias [4].	66
5.15	Quadro indicadores do projeto (Relatório de Progresso Científico Anual da FCT).	68
5.16	Excerto de publicações (Relatório de Progresso Científico Anual da FCT).	69
5.17	Modelo conceptual de gestão do fluxo da informação do CIETI. . . .	76
5.18	Grupo VISIR no Mendeley.	82

Lista de Tabelas

3.1	Constituição da equipa do CIETI.	25
3.2	Caracterização de um AAC emitido pela FCT. Adaptado de [8].	31
3.3	Candidaturas, aprovações e projetos/parcerias ativo(a)s do CIETI de 2009-2021 (fonte: Relatórios de Atividades Setoriais 2009-2020).	32
3.4	Montantes de financiamento aprovado, recebido e executado pelo CIETI (fonte: Relatórios de Atividades Setoriais 2009-2020).	32
3.5	Montante de financiamento atribuído ao CIETI pelo programa plurianual da FCT.	34
3.6	Número de publicações do CIETI por assunto [7].	36
5.1	Análise de identificadores.	60
5.2	Atividades de I&D e instituições colaboradoras em projetos de I&D.	71
5.3	Esforço dos processos do CIETI.	80

Lista de Acrónimos

ACC	Aviso de Abertura de Concurso
AQ	Acordo Quadro
BIB	Biblioteca
BTH	<i>Blekinge Tekniska Högskola</i>
CDIO	<i>Conceive, Design, Implement, Operate</i>
CET	Curso de Especialização Tecnológica
CI	Centros de Investigação
CID	Centro de Investigação e Desenvolvimento
CIETI	Centro de Inovação em Engenharia e Tecnologia Industrial
CO-IR	Co-Investigador Responsável
COVID-19	<i>Coronavirus Disease</i>
CPS	Centros de Prestação de Serviço
CPV	Vocabulário Comum para os Contratos Públicos
DDC	Divisão de Documentação e Cultura
DEQ	Departamento de Engenharia Química
DGEEC	Direção-Geral de Estatísticas da Educação e Ciência
DRH	Divisão de Recursos Humanos
EDUCON	<i>Global Engineering Education Conference</i>
FCT	Fundação para Ciência e Tecnologia
FCT SIG	Sistema de Informação da FCT
GI	Gestão da Informação
GOLC	<i>Global Online Laboratory Consortium</i>

GPQ	Gabinete de Planeamento e Qualidade
GPR	Gabinete de Apoio a Projetos
I&D	Investigação & Desenvolvimento
IC&DT	Projeto de Investigação Científica e Desenvolvimento Tecnológico
IM	Information Management
IPCTN	Inquérito ao Potencial Científico e Tecnológico Nacional
IPSFL	Instituições Privadas sem Fins Lucrativos
IR	Investigador Responsável
IS	Information Systems
ISCTE	Instituto Superior de Ciências do Trabalho e da Empresa
ISEP	Instituto Superior de Engenharia do Porto
IVA	Imposto sobre o Valor Acrescentado
KTH	<i>Kungliga Tekniska Högskolan</i>
LABORIS	Núcleo de Investigação em Sistemas de Teste
LiU	<i>Linköping University</i>
MEC	Ministério da Educação
MIT	<i>Massachusetts Institute of Technology</i>
MP	Mérito do Projeto
NB	Núcleo do Bolseiro
NBIN	Núcleo de Biomaterias e Nanotecnologia
NEPA	Núcleo de Energia, Processos e Ambiente
ORCID <i>iD</i>	<i>Open Researcher and Contributor <i>iD</i></i>
P. Porto	Politécnico do Porto
PAD	Pedido de Autorização de Despesa
PAR	Pedido de Autorização de Receita
PCT	Portal de Ciência e Tecnologia

PeX	Projeto de investigação de caráter Exploratório
PHP	<i>Hypertext Preprocessor</i>
R&D	Research & Development
RCAAP	Repositórios Científicos de Acesso Aberto de Portugal
RDC	Research and Development Centers
REBIDES	Registo Biográfico de Docentes do Ensino Superior
RECIPP	Repositório Científico do Instituto Politécnico do Porto
RENATES	Registo Nacional de Teses e Dissertações
RIS	<i>Research Information Systems</i>
SCO	Secção de Contabilidade e Orçamento
SEC	Secretário
SEF	Serviços Económico-Financeiros
SEFI	<i>European Society for Engineering Education</i>
SI	Sistemas de Informação
SP	Secção de Pessoal
TIC	Tecnologias de Informação e Comunicação
UAE	Unidade de Apoio ao Ensino e Investigação
UAG	Unidade de Apoio à Gestão
VISIR	<i>Virtual Instruments Systems in Reality</i>

Capítulo 1

Introdução

Este capítulo divide-se em 5 secções: (1) apresenta o contexto do trabalho; (2) aborda as principais motivações; (3) organiza as questões e objetivos do trabalho; (4) apresenta a metodologia a seguir; e (5) expõe a organização do documento.

1.1 Enquadramento

Atualmente, assiste-se à quarta Revolução Industrial, com o aumento drástico de processos de informatização e digitalização, de forma a aumentar a competitividade das organizações [9].

Se é um facto que nem sempre houve a capacidade de reconhecer a importância da gestão da informação para a sobrevivência e desenvolvimento das organizações, também é verdade haver actualmente uma preocupação crescente em dotá-las de SI adequados para o suporte de todas as suas atividades.

A gestão da informação deve assentar em SI desenvolvidos à medida das necessidades das organizações, desempenhando um papel de apoio na articulação dos vários subsistemas que a constituem (entendida como um sistema global) e os sistemas envolventes, na medida em que efetua o processamento de dados provenientes de múltiplas fontes, gerando informação útil e em tempo real à gestão e à tomada de decisão na organização.

Um CID apresenta componentes similares tanto na estrutura como no funcionamento a empresas e organizações. O CIETI, como Unidade de I&D, tem preparado e tomado decisões importantes quanto aos processos de informatização.

Tendo o ISEP como instituição de acolhimento, o CIETI possui um conjunto de linhas de investigação, nas quais se inclui o desenvolvimento de tecnologias e conteúdos de apoio ao processo de ensino e aprendizagem em Ciência, Engenharia, Tecnologia e Matemática.

Devido à pandemia *Coronavirus Disease* (COVID-19), o primeiro trimestre de 2020 trouxe desafios às instituições e, neste contexto, esta dissertação tem como objetivo propor um modelo de gestão do fluxo da informação adaptado à realidade do CIETI.

1.2 Motivação

A autora, sendo membro da equipa do CIETI, tem a possibilidade de entrar em contacto com todas as envolventes do centro, desde a Direção, Coordenadores, às equipas de investigação, passando pelos vários processos administrativos, contacto com os gabinetes e serviços do ISEP, até ao contacto com os parceiros de desenvolvimento. Na sua perceção pessoal, a definição de um modelo de gestão do fluxo da informação do CIETI pode contribuir para dar resposta a várias dificuldades de gestão gerais da Unidade de I&D, bem como a algumas dificuldades administrativas diárias. Exemplo destas situações são a produção de documentos, designadamente de relatórios que englobam contribuições, tanto da parte técnica como da administrativa, notando, por vezes, problemas de recolha de informação em tempo útil por indisponibilidade dos intervenientes, dificuldade em reter informação necessária em plataformas comuns ou mesmo inconsistência dos dados de diversas origens.

Alguns dos problemas identificados anteriormente estão dispersos entre os colaboradores integrados há mais tempo na organização. Tal pode acontecer uma vez que, por um lado há uma grande rotatividade de pessoal e, por outro, uma grande variedade de formatos de comunicação externa (nomeadamente Relatórios de Atividade a vários organismos externos¹). Então, não só as especificações de procedimentos devem ser documentadas como também as metodologias de trabalho devem ser analisadas.

A escolha/criação/estruturação de ferramentas de gestão e de metodologias de trabalho, que tenham em conta as diferentes etapas do desenvolvimento de um projeto e a sua produção, a gestão da Unidade de investigação num todo e o relacionamento com entidades exteriores à organização poderá trazer, num futuro próximo, uma mais valia para o CIETI. Esta passa pela possibilidade de aumentar a reutilização da produção criada pela entidade e pela partilha de experiência na utilização de sistemas ou metodologias, entre outros, sem que haja um gasto substancial de tempo na pesquisa e a repetição de actividades antes desenvolvidas dentro da organização.

¹Estes organismos incluem a entidade de acolhimento, os financiadores, a comunidade de colaboradores e a comunidade científica/académica.

Todos os contributos que possam tornar mais eficaz, fácil e eficiente o sistema de trabalho do CIETI, auxiliam o desempenho do grupo e os seus bons resultados, uma vez que podem constituir uma base sólida para a expansão da atividade, tanto em volume como em diversidade e eventualmente para a exploração de novas áreas científicas. Deste modo as pessoas ficam motivadas com os bons resultados da estrutura em que se inserem, tornando-se mais visível a sua participação para o CIETI.

1.3 Definição do Problema

O estudo realizado debruça-se sobre um centro de investigação inserido no ISEP e pretende dar resposta às seguintes questões:

1. Quais são os intervenientes na gestão do fluxo da informação no CIETI?
2. Quais os processos que compõem a gestão do fluxo da informação no CIETI?
3. Qual o principal constrangimento na gestão do fluxo da informação no CIETI?
4. Qual a estrutura e forma da gestão do fluxo da informação mais apropriada ao CIETI?

1.3.1 Objetivos

Esta dissertação tem como objetivos:

1. Estudar detalhadamente a organização do CIETI, enquanto entidade de I&D;
2. Desenvolver um modelo de gestão do fluxo da informação no CIETI.

O estudo pretende definir as bases de um modelo conceptual para a gestão do fluxo da informação do CIETI, enquanto centro de investigação e Unidade de I&D, adaptável para qualquer ano civil. O objetivo do modelo é servir de base e de estrutura para o CIETI - servindo como cronograma às actividades –, de forma a clarificar a estrutura e permitir uma análise do fluxo de informação que conduza ao melhoramento dos processos internos.

1.4 Metodologia

O objeto de estudo desta dissertação é o CIETI, que desenvolve investigação sobre laboratórios remotos, nanotecnologia, ciências da educação e engenharia química. Pretende-se que o estudo conduza a um modelo de gestão do fluxo da informação no CIETI.

Para chegar a uma proposta de estrutura do modelo, numa primeira fase procede-se ao levantamento das principais atividades do CIETI e das atividades de suporte

necessárias à sua manutenção. Simultaneamente procura-se fazer uma análise, em termos de eficiência, dos métodos usados no seu funcionamento.

Paralelamente, pesquisam-se os recursos teóricos (e outros) existentes no âmbito do trabalho como o que se opera no ambiente de investigação, de metodologias de gestão de projectos, de métodos de gestão e de tecnologias de gestão da informação.

A aplicação do CDIO será realizada através de uma abordagem *bottom-up* ou da base para o topo, em que a leitura e aplicação das suas etapas será feita de baixo para cima (Figura 1.1).

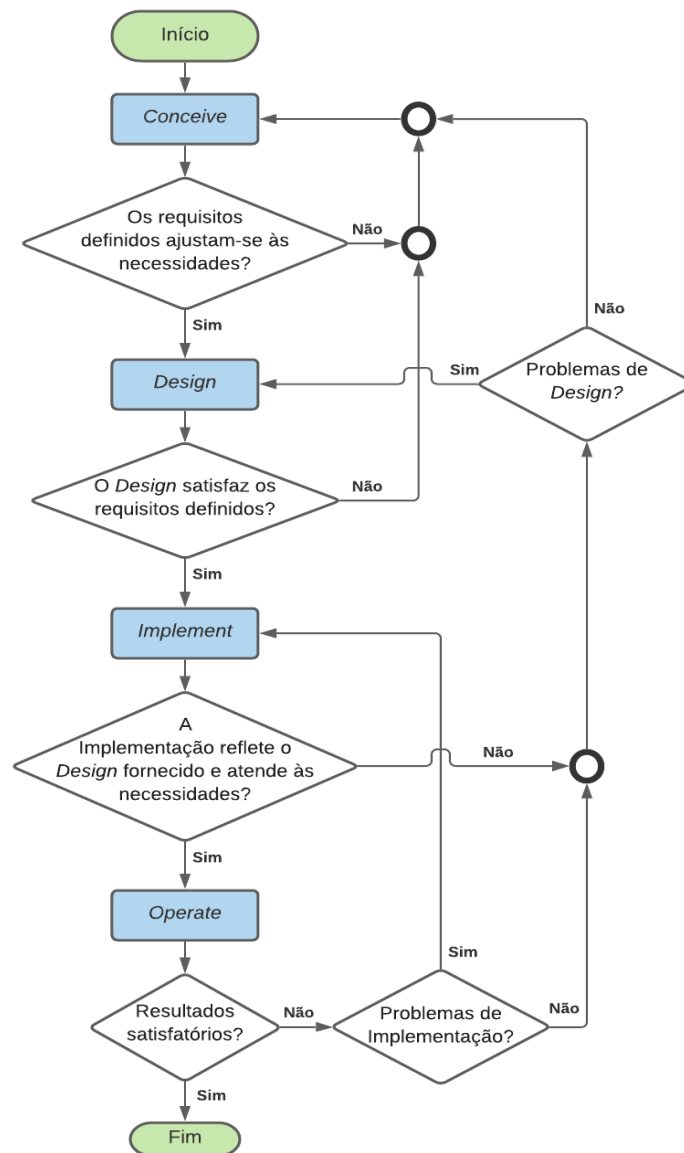


Figura 1.1: Fluxograma CDIO [1].

Assim, serão operacionalizadas as ferramentas e documentos já existentes e,

ainda nesta etapa, será realizada uma análise diagnóstica e apontadas eventuais lacunas e propostas de melhoria aos processos. Segue-se a Implementação das propostas de melhoria e, caso se verifique que as soluções encontradas não satisfazem os requisitos, será necessário investir num novo *Design* e projetar soluções melhores. Depois será necessário Implementar e Operar as soluções projetadas. É neste salto qualitativo que surge o modelo de gestão do fluxo da informação no CIETI. Assim, o modelo não é um projeto, não é uma implementação, mas sim, uma conceção. No que diz respeito ao aspeto visual do modelo, este será concebido com base em mapas temporais e conceptuais, diagramas e fluxogramas.

Este modelo procura disponibilizar uma solução de organização do fluxo de informação no CIETI, com as variáveis de ser adaptável a qualquer ano civil e de considerar os diferentes tipos de processos provenientes da atividade do grupo. É um modelo que poderá, ainda, ser adaptado a outros CID do ISEP, pois englobará e considerará os principais processos de um CID, em particular inserido no ISEP.

1.5 Organização do Documento

Esta dissertação é desenvolvida ao longo de 6 capítulos e 2 anexos.

O presente capítulo faz a introdução ao documento, descrevendo o enquadramento, os objetivos, a metodologia e a organização do trabalho.

O capítulo 2 situa o leitor quanto ao Estado de Arte da dissertação, nomeadamente na gestão do fluxo da informação em organizações e na abordagem CDIO.

O capítulo 3 caracteriza e situa o objeto de aplicação do estudo, o CIETI, ao nível dos núcleos, dos projetos e parcerias, dos centros de custo e da produção e reconhecimento.

O capítulo 4 aborda o contexto atual do CIETI, no qual são descritos os principais processos de informação da Unidade, bem como é realizado o diagnóstico e apontadas as principais propostas de melhoria.

O capítulo 5 descreve a implementação das propostas de melhoria e a discussão e análise dos resultados.

O capítulo 6 expõe as principais conclusões do trabalho e ainda sugestões de melhoria, bem como possíveis trabalhos futuros.

Capítulo 2

Estado de Arte

Este capítulo apresenta o estado de arte da presente dissertação. O capítulo contém 3 secções: (1) apresenta o levantamento bibliográfico do conceito “fluxo de informação”; (2) aborda a gestão da informação no âmbito das organizações, bem como o seu controlo de fluxo; e, finalmente, (3) apresenta uma caracterização da abordagem baseada em CDIO ao nível do conceito, da estrutura e da Iniciativa.

2.1 Fluxo de Informação

A circulação da informação é um movimento dinâmico de comunicação que acontece em diversos contextos informativos, a fim de veicular informação com elevado valor acrescentado, de um remetente para um destinatário ou vários recetores, com o objetivo de satisfazer as mais complexas necessidades informativas e permitir a produção de conhecimento. A partir da emergência da Ciência da Informação nos anos 60, o interesse pelo estudo dos procedimentos de comunicação e do caudal de informação está patente nas suas múltiplas definições constantes na literatura [10].

De um modo amplo, Castells [11] estabelece fluxo como as consequências intencionais, repetentes e programáveis de troca e interação entre posturas desenfreadas fisicamente, sustentadas por atores sociais nas construções económicas, políticas e emblemáticas da sociedade. Segundo este autor, os fluxos não se circunscrevem a um elemento único de ordenação social, mas aos procedimentos dominantes no âmbito económico, político e simbólico dos indivíduos [12].

Inserem-se fluxos de informação no conjunto dos âmbitos económicos contemporâneos e as Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC), desde a sua massificação nestes âmbitos que têm permitido a maximização de procedimentos que implicam a elaboração e difusão de informação nas instâncias mais diferentes. Com base nesta pressuposição, Porter e Millar [13], comprovam o papel das TIC como um importante motor de alterações informacionais, tanto na ótica do excedente de produção de informação como do seu próprio papel, como instrumento que tem permitido melhores práticas e resultados nos processos de pesquisa, seleção, processamento, conservação, disseminação e aproveitamento da informação.

A inovação é o produto de diferentes fluxos i.e, fluxos de informação, fluxos de capital, fluxos de mercadorias e fluxos de informação e tecnologia, entre outras. O resultado destes fluxos são relações dinâmicas entre diversos atores, a fim de criar conhecimento com elevado valor acrescentado e que possibilita a produção de um bem ou produto diferenciado ou serviço com elevado poder competitivo. Assim, o fluxo de informação é uma parte essencial para que a evolução ocorra, dado que a inovação necessita da aplicação de novos saberes ou de uma nova utilização ou conjugação dos saberes existentes [14].

Relativamente ao papel do fluxo de informação nos procedimentos de inovação, podem ser destacados dois aspetos que resultam de fluxos mais elevados resultantes da cooperação informativa entre os atores envolvidos: as organizações e agentes que colaboram e apresentam um grande número de inovações do que aqueles que não colaboram e que o grau de inovação cresce com a multiplicidade de parceiros que interagem e colaboram em rede [15].

Permitir que o fluxo de informação seja realizado com a melhor qualidade e com maior rapidez, permite que as fontes de informação requeridas para a inovação estejam à disposição dos atores que precisam delas. Amara e Landry declaram, em [16], que as instituições que estão dispostas a um maior número de informações, internas e externas, são mais suscetíveis de inovar porque, inseridas no fluxo de informação e adquirindo valor, produzem o conhecimento necessário para realizar atividades inovadoras [17].

As fontes de informação com valor acrescentado e, juntamente com uma maior rapidez de resposta na valorização, o seu tratamento e utilização exercem, em grande medida, um papel significativo na diminuição das janelas de tempo entre inovações e permitem uma vantagem competitiva [18].

2.2 Gestão da Informação

A Gestão da Informação (GI) é a disciplina que analisa a informação como uma organização de recursos. Abrange as definições, utilizações, valor e distribuição de todos os dados e informações dentro uma organização, processada ou não por

computador. Avalia os tipos de dados/informações que uma organização necessita para funcionar e progredir eficazmente. [19].

A informação pode ser complexa, sendo que as transações comerciais, na maior parte das vezes, têm impacto em todas as áreas dentro de uma empresa. Por isso, essa deve ser analisada e compreendida antes de serem desenvolvidas soluções informáticas eficazes [20].

A gestão da informação é o aproveitamento dos recursos de informação e das capacidades de organização da informação, a fim de acrescentar e criar valor, tanto para si própria como para os seus clientes. Nesta perspetiva, a GI é um ciclo contínuo de cinco atividades intimamente relacionadas: identificação das necessidades de informação; aquisição e criação de informação; organização e armazenamento da informação; divulgação da informação; utilização da informação [21].

2.2.1 Gestão da Informação nas Organizações

Várias firmas progressistas têm um interesse em salvaguardar uma vantagem competitiva no mercado mundial, bem como em conceber artigos de alta qualidade. Gostariam de o fazer com um custo líquido de produção inferior ao dos seus concorrentes. Para alcançar tais objetivos de Produção *Lean*, muitas organizações estão, atualmente, a seguir princípios como o fabrico sincronizado. As paredes entre vários grupos e departamentos distintos que existiam, num passado não muito distante, estão a desmoronar-se [22].

Hoje em dia é mais importante obter contributos de todas as facetas da organização, uma vez que não se espera que um único grupo saiba tudo. Uma organização, como é o caso da Fundação para Ciência e Tecnologia (FCT) e da Direção-Geral de Estatísticas da Educação e Ciência (DGEEC), que têm canais de comunicação e de divulgação, tem de olhar para cada detalhe de como gerir a sua missão e determinar se pode melhorá-la de alguma forma. Todos na organização não só sabem em que atividade estão envolvidos, como o resto da equipa também o deve saber e, no caso de os dados serem partilhados, podem trabalhar mutuamente [23].

Através das suas páginas de espaços partilhados, como é caso dos Repositórios Científicos de Acesso Aberto de Portugal (RCAAP), é urgente saber que informação é necessária e, para quem faz uso da mesma, auxilia a comunicação fluida e elimina possíveis estrangulamentos. A melhoria do processo é um conceito frequentemente utilizado para atingir muitos objetivos de Produção *Lean*.

A melhoria de processos é um conceito de engenharia de produto e de reengenharia de processos ao longo do seu ciclo de vida. Aqui, uma equipa apresenta coletivamente um processo que tem em consideração as necessidades de todos os indivíduos e grupos e, acima de tudo, as necessidades da empresa como um todo.

A reengenharia implica que (a) uma organização está em contacto com novos avanços tecnológicos; (b) os últimos avanços em todos os campos relacionados, tais

como engenharia, computadores e sistemas são regularmente revistos para melhorias no ciclo de vida do produto; e (c) uma empresa emprega-os frequentemente, sempre que apropriado, para melhorar um produto existente [24].

Um dos principais obstáculos na implementação da “reengenharia de processos” é o facto de não existir uma metodologia formal de monitorização visual e aplicação deste conceito numa base regular. Durante a conceção do processo, as equipas precisam de determinar a um nível conceptual como o produto e o processo relacionado irão funcionar quando uma tecnologia ou processo, em particular for alterado.

Há necessidade de capturar esquematicamente a função e o comportamento do sistema sem qualquer modelo físico ou protótipo, para que a relação possa ser estudada a um nível conceptual [25]. Uma forma é capturar representações pictóricas (graficamente) de ambos os fluxos de trabalho e fluxo de dados no mesmo gráfico. Tal modelo conceptual é frequentemente referido como “A-Flow-Chart”.

Hoje em dia, cada vez mais sistemas de informação são centrados no processo. Ou seja, a tendência é criar e configurar sistemas de informação centrados em processos, sendo que nem sempre tal se verificou. As décadas de 1970 e 1980 foram inundadas por abordagens impulsionadas por dados [26].

Isto levou ao desenvolvimento de sistemas de informação centrados em dados. A eventualidade de se poder consultar a informação de cada membro das organizações, faz com que a tendência tenha sido modificada e a era das aplicações centradas na interface do utilizador começa. As abordagens orientadas por processos surgiram no início dos anos 90. Desde então, o foco foi a análise da visão do fluxo de controlo do processo, para avaliar a ordem das tarefas durante a execução de um fluxo de trabalho, ou para modelar e extrair modelos dos registos do sistema.

Este tipo de análise não envolvia dados ou, se envolvia, estes apenas eram lembrados como fazendo parte do fluxo de controlo sem serem analisados em pormenor. Considerando isto, argumenta-se que a perspetiva do fluxo de dados está fora do objetivo da maioria dos investigadores de fluxo de trabalho/processo e que eles se concentram sobre a análise da perspetiva do fluxo de controlo [27] [28] [29] [30] [31] [32].

A exploração de dados existentes é demasiado centrada nos dados [28], enquanto as técnicas de investigação realizadas no campo de mineração de processo enfatizam a perspetiva do controlo-fluxo. Este papel tenta argumentar que, numa nova abordagem, é necessário um equilíbrio entre esses extremos. Isto porque, executar um processo (ou seja, executar o fluxo de controlo), exige que as tarefas sejam ativadas ou desativadas, sendo feito ao nível dos dados.

Se os dados estão em falta ou não estão disponíveis quando necessário, toda a execução do fluxo de trabalho é terminada. Alguns dados estão disponíveis no início do fluxo de trabalho, mas há também aqueles que são gerados durante a execução do fluxo de trabalho, após uma tarefa específica ser executada.

Por conseguinte, a FCT e a DGEEC permitem lidar com *inputs* e elementos de dados de saída. Cada atividade é caracterizada por um conjunto de elementos de dados de entrada e um conjunto de elementos de dados de saída.

Por outro lado, a análise dos dados de registo do sistema, utilizando a mineração de processo, técnicas e métodos permitem um modelo de processo a ser automaticamente extraído. Com base no modelo de processo, os peritos em modelação podem melhorar o modelo com a perspetiva do fluxo de dados. As fontes importantes de conhecimento para um perito são os conceitos e elementos da ERD da documentação de conceção de *software*. Uma vez que os dados fluxos são modelados, precisa-se de verificar se estão em conformidade com os dados analisados [26].

2.2.2 Controlo do Fluxo de Informação nas Organizações

Tem sido feita muita investigação no controlo do fluxo na área de verificação e menos atenção tem sido dada para a análise do *data-flow*. Assim, existem vários métodos e técnicas de deteção concebidos para descobrir erros de controlo de fluxo no desenho de fluxo de trabalho [27] [29] [33] e implementado em ferramentas [34][35] [36], enquanto a verificação do *data-flow* assume uma análise detalhada das dependências de dados [37].

A verificação do fluxo de controlo refere-se a bloqueios, *livelocks*, solidez, *looping* interminável e sincronização. Um processo de fluxo de trabalho é sólido se preencher as seguintes condições: opção de conclusão completa, correta e sem tarefas mortas [38].

A literatura mostra uma clara separação entre o controlo e a análise do fluxo de dados. A consulta de informações assenta que a modelação das dependências de dados de uma forma inadequada pode causar erros no fluxo de controlo. Wagner propõe, em [39], uma abordagem centrada nos dados a fim de encontrar bloqueios de um processo empresarial, onde considera o processo de negócio modelado como uma rede de Petri, a qual ajuda a detetar os bloqueios no fluxo de controlo. Uma das causas dos bloqueios é a utilização de guardas¹ inadequadas. Adicionar um guarda ou substituir um guarda por outro mais restritivo pode remover os bloqueios. O modelo de redes de Petri é utilizado na especificação de sistemas que expressam interação concorrente de tarefas. Como ilustra a Figura 2.1, consiste num conjunto de lugares (círculos, nomeados pela letra *p*), um conjunto de transições (barras horizontais, designadas pela letra *t*) e um conjunto de marcas (pontos no interior dos lugares). As marcas residem nos lugares e circulam pela rede de Petri, sendo produzidos e consumidos por meio dos disparos das transições [2]. Mas esta abordagem não oferece um modelo adequado de dados envolvidos na execução de um fluxo de

¹As expressões guarda associadas às transições (*t*) são expressões *booleanas* que devem ser atendidas para que seja possível o disparo das transições

trabalho; apenas fornece outro método para verificar os bloqueios de um fluxo de trabalho, utilizando os dados do fluxo de trabalho.

A perspectiva do fluxo de dados quase nunca foi considerada na investigação feita nesta dimensão de análise do processo. Em [40] foi identificada uma série de potenciais problemas de validação de dados que podem ocorrer na visualização do fluxo de dados de um processo: dados redundantes, dados perdidos, dados em falta, dados não combinados, dados inconsistentes, dados mal direcionados e dados insuficientes.

Além disso, foram definidos três modelos de implementação do fluxo de dados: fluxo de dados explícito (1), fluxo de dados implícito através do fluxo de controle (2) e fluxo de dados implícito através do armazenamento de dados do processo (3).

No primeiro modelo, as transições de fluxo de dados são definidas como parte do modelo de fluxo de trabalho. Essencialmente, o modelo de dados no fluxo de transições faz com que os dados da atividade mudem de um momento para o outro. O segundo modelo “chama” o fluxo de controle para cruzar dados de uma atividade para outra. No último modelo, todas as entradas e os resultados das atividades são registados no armazenamento de dados do processo.

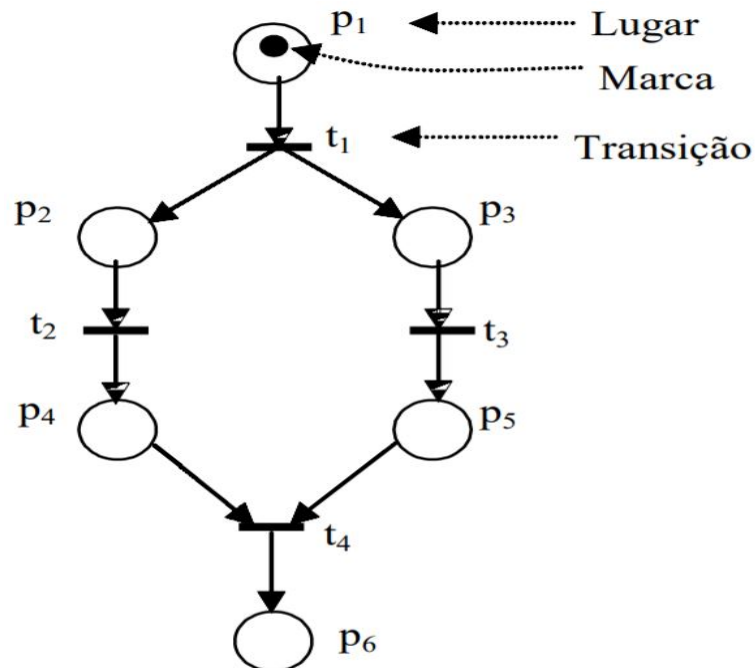


Figura 2.1: Exemplo de uma Rede de Petri [2].

A emergência do mundo digital acarretou novas tecnologias e descobertas de novas oportunidades de estabelecimento de conexões. Corrêa define, em [41], a cooperação num contexto digital pela sua aptidão para interligar numerosos textos digitais interrelacionados, denominado “hipertextualidade”; pela sua aptidão, concedida pelo apoio digital, para conjugar na própria mensagem, pelo menos um dos

três elementos que a compõem: texto, imagem e som, isto é, a sua “multimedialidade”; e, finalmente, pela capacidade do utilizador de interferir com a informação fornecida no ambiente digital, denominada interatividade.

Este tipo de comunicação digital, entendida por Corrêa [41] como a utilização das TIC, foi incorporada no programa estratégico de divulgação das entidades.

Segundo Castells em [42], a sociedade insere-se numa comunidade em rede e controlada pelo poder da *Internet* e, é no contexto desta nova comunidade e de contextos mutantes e complicados, que as empresas funcionam, esforçam-se por se sustentarem e por cumprirem a sua visão e vocação e por desenvolverem os seus valores. Todas estas novas construções irão requerer, das organizações, a adoção de novas atitudes e, por consequência, um mais apurado planeamento da sua política de diálogo para se relacionarem com o público, a opinião pública e a comunidade em geral, e para desempenharem a sua tarefa, desenvolvendo os seus próprios interesses na sociedade [43].

2.3 Abordagem CDIO

A engenharia é a arte de criar soluções para problemas do mundo real com bases científicas, experimentais e tecnológicas. No contexto da educação desta área, a criatividade pode ser vista como uma oferta, aos alunos, de oportunidades para moldar novos conhecimentos, enquanto a aprendizagem pode ser vista como um processo de criação de conhecimento com esforços colaborativos [44] [45].

De forma a promover e expor, aos alunos, problemas de maior dimensão e complexidade do que os enfrentados ao longo do seu percurso, bem como colocá-los em contacto com o chamado “mundo real”, em oposição ao mundo académico, surge a Iniciativa *Conceive, Design, Implement, Operate* (CDIO), uma estrutura educacional aberta e inovadora para graus os académicos em engenharia definida no contexto de “conceber - projetar - implementar - operar” sistemas e produtos do mundo real, que é abraçada por uma rede de universidades em todo o mundo [45].

A metodologia do CDIO teve origem no início dos anos 2000, quando os professores Edward F. Crawley, Johan Malmqvist, William A. Lucas e Doris R. Brodeur lançaram a primeira versão do *Syllabus* do CDIO, apoiada num método elaborado no *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) no final da década de 1990 [46]. Centrados numa iniciativa internacional para o desenvolvimento desta metodologia, os criadores do CDIO deixaram em aberto a possibilidade de realização de adaptações no método, de acordo com a realidade local de cada instituição de ensino, de modo replicar a metodologia [47].



Figura 2.2: Logótipo do CDIO [3].

A abordagem CDIO pode ser encarada em três traços possíveis: (1) um conceito, Conceber - Projetar - Implementar – Operar, (2) uma estrutura (*framework*) para o desenvolvimento da educação em engenharia com base nesta estrutura e (3) uma rede internacional, a Iniciativa CDIO, que consiste nas instituições educacionais em todo o mundo que trabalham com base na estrutura do CDIO.

2.3.1 Coonceito

O CDIO representa Conceber, Projetar, Implementar e Operar. Define o ciclo de vida operacional de produtos, processos e sistemas como contexto educacional de engenharia e constrói um sistema integrado de normas de formação e um currículo para a aprendizagem ativa e para a prática de engenharia.

A formação em engenharia com base no CDIO apresenta os seguintes elementos:

- Um currículo organizado em torno das disciplinas e entrelaçado com as atividades do CDIO;
- Projetos de estudantes complementados por estágios na indústria;
- Instrução multidisciplinar e aprendizagem ativa e experiencial em grupo;
- Sala de aula, oficina e ambientes laboratoriais em rede;
- Processos robustos de avaliação e avaliação.

Conceber implica que os estudantes devem ser capazes de alcançar uma visão abrangente - e uma compreensão - do contexto. Esta fase inclui a definição da necessidade e da tecnologia, considerando a estratégia e os regulamentos da empresa, desenvolvendo o conceito, a arquitetura e a argumentação empresarial [48].

A fase de Projetar consiste em formar e criar uma solução que satisfaça as necessidades, ou resolva os problemas, identificados na fase anterior. No fundo os planos, desenhos e algoritmos que descrevem o que vai ser implementado.

Depois, ocorre a fase Implementação, onde as atividades são sobre teste e verificação, ou seja, para garantir que a solução funciona. A implementação refere-se à transformação do desenho num produto, incluindo o fabrico, codificação, teste e validação [49].

Na fase final - Operar - os estudantes “entram em direto” com a sua solução. Esta etapa utiliza o produto implementado para fornecer o valor pretendido, incluindo a manutenção, evolução e reforma do sistema [50].

Seguir esta cadeia de atividades faz do CDIO uma abordagem muito prática à aprendizagem, ao mesmo tempo que resolve problemas relevantes.

2.3.2 Estrutura

A estrutura CDIO é desenvolvida de modo a permitir aos estudantes de engenharia a toma de consciência do seu papel enquanto engenheiros(as) [46].

A cadeia CDIO, como estrutura de aprendizagem, é relativamente simples quando aplicada em cursos e projetos que têm um elevado grau de elementos práticos e práticos de engenharia, tais como o desenvolvimento de *software*, um produto físico ou protótipo. Contudo, em muitos programas de engenharia, uma grande parte dos cursos trata de aspetos de gestão, tais como gestão de projetos, liderança, *marketing*, inovação e empreendedorismo, especialmente em anos posteriores a um programa.

Toma-se consciência do facto de que o quadro CDIO é desenvolvido principalmente para aplicação a nível de programa, no entanto, aplicado em cursos de gestão, normalmente apenas as fases “Conceber” e “*Design*” podem ser obtidas dentro do quadro de cursos únicos.

CDIO compõe conhecimentos, competências e qualidades que um engenheiro qualificado necessita, onde os organiza e aperfeiçoa para serem observáveis e mensuráveis no resultado da aprendizagem. Constitui, em última análise, o programa CDIO *Syllabus* e 12 *Standards*.

O programa e os padrões do CDIO são dois documentos-chave de orientação (anexos A.1 e A.2, respetivamente). O objetivo dos documentos é auxiliar na resposta às questões:

1. Quais os conhecimentos e habilidades esperados dos estudantes de um programa de educação em engenharia?
2. Como é que um programa educacional deve ser desenhado e executado para possibilitar que os alunos alcancem os resultados de aprendizagem esperados?

Os doze padrões do CDIO são também notados como indicadores de desempenho da adaptabilidade da abordagem e, assim, tem-se que [3]:

Padrão 1: Adoção do princípio de que o desenvolvimento e a implantação do ciclo de vida do produto, processo e sistema - Conceber, Projetar, Implementar e Operar - são o contexto para a educação em engenharia;

Padrão 2: Resultados de aprendizagem específicos e detalhados para habilidades pessoais e interpessoais, e habilidades de construção de produtos, processos

e sistemas, bem como conhecimento disciplinar, consistentes com os objetivos do programa e validados pelas partes interessadas do programa;

Padrão 3: Um currículo elaborado com cursos disciplinares de apoio mútuo, com um plano explícito para integrar habilidades pessoais e interpessoais e habilidades de desenvolvimento de produtos, processos e sistemas;

Padrão 4: Um curso introdutório que fornece a estrutura para a prática de engenharia na construção de produtos, processos e sistemas e apresenta habilidades pessoais e interpessoais essenciais;

Padrão 5: Um currículo que inclui duas ou mais experiências de implementação de *design*, incluindo uma em nível básico e outra em nível avançado;

Padrão 6: Espaços de trabalho e laboratórios de engenharia que apoiam e incentivam a aprendizagem prática de produto, processo e construção de sistema, conhecimento disciplinar e aprendizado social;

Padrão 7: Experiências de aprendizagem integradas que levam à aquisição de conhecimento disciplinar, bem como habilidades pessoais e interpessoais e habilidades de construção de produtos, processos e sistemas;

Padrão 8: Ensino e aprendizagem baseados em métodos ativos de aprendizagem experiencial;

Padrão 9: Ações que aumentam a competência do corpo docente em habilidades pessoais e interpessoais e habilidades de desenvolvimento de produtos, processos e sistemas;

Padrão 10: Ações que aumentam a competência do corpo docente no fornecimento de experiências de aprendizagem integradas, no uso de métodos ativos de aprendizagem experiencial e na avaliação da aprendizagem dos alunos;

Padrão 11: Avaliação da aprendizagem do aluno em habilidades pessoais e interpessoais, e habilidades de construção de produto, processo e sistema, bem como em conhecimento disciplinar;

Padrão 12: Um sistema que avalia os programas em relação aos doze padrões e fornece *feedback* aos alunos, aos professores e a outras partes interessadas para fins de melhoria contínua.

2.3.3 Iniciativa

A Iniciativa CDIO (a organização internacional) foi fundada em 2000 pelo MIT, Chalmers University of Technology, *Kungliga Tekniska Högskolan* (KTH) e *Linköping University* (LiU) e, até à data, participam mais de 100 universidades [46].

A estratégia da Iniciativa para implementar o CDIO tem quatro temas:

- Reforma curricular para garantir que os estudantes tenham oportunidades de desenvolver os conhecimentos, competências e atitudes para conceber e projetar sistemas complexos e produtos;
- Melhoria do nível de ensino e aprendizagem necessário para profundo conhecimento da informação técnica e das competências;
- Ambientes de aprendizagem experimentais proporcionados por laboratórios e oficinas;
- Métodos de avaliação eficazes para determinar a qualidade e melhorar o processo de aprendizagem.

Desde o seu início, a Iniciativa foi concebido como arquitetura aberta. Estaria livremente disponível para toda e qualquer escola que oferecesse formação de ensino superior em engenharia, para levar metodologias, produtos e modelos CDIO, e facilmente adaptá-los e adotá-los aos seus próprios programas [51].

Embora as escolas colaboradoras partilhassem uma visão comum de um conjunto educativo no contexto do CDIO, e trabalhassem em estreita cooperação sobre os quatro temas principais, optaram por implementar a Iniciativa em quatro áreas profissionais diferentes: o KTH está a desenvolver o seu programa em engenharia automóvel, o MIT em aeroespacial, a *Chalmers University of Technology* em engenharia mecânica e a LiU em física aplicada e eletrónica [48].

Cada escola participante tem um diretor geral do CDIO e, pelo menos, um representante em cada uma das quatro áreas temáticas. Os representantes dos estudantes de cada escola participam nas quatro áreas, bem como contribuem como um grupo de estudantes separado.

Os quatro colaboradores originais do CDIO mantêm um comité diretor de deanos de engenharia e representantes da indústria, que ajuda a orientar a Iniciativa e serve de elo de ligação com a Fundação Wallenberg. Uma comissão de avaliação externa avalia o projeto de dois em dois anos [52].

Além disso e, de acordo com *Crawley et al* em [46], a aprendizagem ativa é uma parte importante do quadro do CDIO. Os estudantes precisam de se envolver e assumir a responsabilidade pela sua própria aprendizagem, bem como pela aprendizagem dos seus colegas. O uso de métodos mistos de aprendizagem é recomendado como forma de facilitar o nível de atividade, envolvimento e aprendizagem entre os estudantes [26].

O sucesso numa variedade de disciplinas de formação em engenharia ajudaria a assegurar a universalidade e adaptabilidade do CDIO. A nível mundial, várias universidades e institutos possuem programas baseados em CDIO. Em Portugal,

segundo [53], o ISEP foi a primeira instituição de ensino superior a abraçar a Iniciativa CDIO e aplicar os seus padrões, práticas, recomendações e ferramentas em dois programas de engenharia informática, onde António Cardoso Costa, coordenador do programa de acreditação e certificação no ISEP, é líder regional na Europa [3].

O quadro CDIO ganhou terreno no ensino da engenharia em todo o mundo e está intimamente relacionado com os pensamentos de Biggs [54]. Biggs divide-se entre o declarativo (conhecimento teórico) e o processual (prático). Quando combinados, geram conhecimento condicional, isto é, conhecimento de que a teoria resolve qual o problema e como este assume uma forma. O passo final é o conhecimento funcional, onde uma pessoa é experiente e domina uma área.

Além disso, estes cursos nem sempre são estruturados de tal forma que se desenvolvem imediatamente uns sobre os outros, o que, por sua vez, implica que toda a cadeia CDIO não pode ser obtida em relação a estes temas orientados para a gestão, mesmo a nível de programa.

Este dilema leva à adaptação do CDIO às circunstâncias dos cursos que se ministra e a reflexão sobre como mais do espírito CDIO pode ser transferido para módulos a um nível micro, por exemplo, exercícios e atividades que não estão imediatamente ligados à engenharia em si.

No início da colaboração, cada uma das quatro áreas temáticas identificou tarefas específicas para investigação e desenvolvimento conjuntos com esforços paralelos em cada escola. As iniciativas curriculares incluem a definição e validação dos resultados de um programa de engenharia, primeiras experiências de engenharia, ligações disciplinares, experiências integradas de conceção/construção e educação de competências CDIO.

As tarefas de ensino e aprendizagem são: aprendizagem concreta, formulação de problemas, aprendizagem ativa, *feedback* e investigação sobre abordagens de ensino e aprendizagem. O grupo de Laboratórios e Oficinas concentra-se em modelos para a construção e mobiliário de oficinas e laboratórios, bem como na investigação das melhores práticas na utilização de laboratórios para o ensino de engenharia.

A reforma da avaliação inclui a identificação de objetivos e resultados claros, avaliação de competências CDIO, avaliação de competências criativas e avaliação programática. Os resultados da implementação de escolas-piloto nos últimos anos, apresentados em [48], demonstram que a abordagem CDIO pode ser o ponto de apoio para melhorar a qualidade da educação em engenharia. Pode ser um modelo para o ajustamento da estrutura do programa, e com a construção do programa.

O CDIO proporcionou uma abordagem sistemática para melhorar a qualidade da formação de talentos, e desempenhou um papel de liderança na educação em engenharia. Ao mesmo tempo, irá promover fortemente o estabelecimento da acreditação de engenharia e do sistema interno de garantia de qualidade da universidade, e acelerar a internacionalização do ensino da engenharia chinesa [55].

O CDIO acompanha, em bons resultados, o desafio da educação em engenharia chinesa. E acredita-se que o CDIO será de maior aplicabilidade na aplicação na China. Integrado com experiências criativas em cada vez mais universidades, acredita-se que o conceito CDIO se encontra em expansão. [49] .

O CDIO é um sistema aberto, encorajando a inovação autodependente de acordo com a situação real dos programas, instituições e países. Na futura reforma, todas as instituições devem ser inovadoras para aprender CDIO e explorar novas abordagens da educação no contexto da educação internacional com uma mente aberta.

Capítulo 3

Objeto de Aplicação: Centro de Inovação em Engenharia e Tecnologia Industrial

O presente capítulo apresenta o objeto de aplicação do estudo – o CIETI. O capítulo contém 3 seções: (1) apresenta a caracterização do CIETI em termos de principais linhas de I&D, a sua organização interna, o enquadramento ao nível do ISEP e a sua interação com organismos externos; (2) apresenta os projetos e as parcerias com outras entidades, assim como refere o programa de financiamento plurianual de Unidades de I&D; e, finalmente, (3) resume a produção de conteúdo científico e destaca algumas evidências de reconhecimento nacional e internacional da excelência dessa produção.

Resumidamente, é efetuada uma análise de dentro para fora do CIETI, sendo que, em primeiro lugar, é analisado enquanto comunidade, seguidamente enquanto parte integrante de uma instituição (ISEP) e, por último, enquanto parte interativa com o meio exterior.

3.1 Caracterização do CIETI

De acordo com o Decreto-Lei 63/2019 o CIETI constitui uma Unidade de I&D que integra a base da organização do sistema nacional de ciência e tecnologia, dedicada

à produção, difusão e transmissão do conhecimento. Estas Unidades são compostas por recursos humanos, equipamentos e infraestruturas técnicas que se dedicam à I&D, formação e disseminação científica e tecnológica [56]. O CIETI é um Unidade de I&D multidisciplinar que tem como instituição de acolhimento o ISEP [4]. As suas atividades dividem-se em três linhas de trabalho:

- Biomaterias e nanotecnologias;
- Energia, processos e ambiente;
- Laboratórios remotos e sistemas de teste e depuração.

A Figura 3.1 mostra a página principal do *site*¹ do CIETI, a qual está estruturada nos seguintes separadores principais: Início, Núcleos, Projetos, Parcerias, Serviços, Investigadores, Publicações, Conferências e, por fim, Contactos.

O grupo foi criado em 2008, tendo como objetivo promover a investigação para a criação e desenvolvimento de novos produtos, processos e sistemas que contribuam para a inovação na indústria. Dá, igualmente, suporte à educação científica no ISEP, integrando alunos e alunas de licenciatura, mestrado e coorientando teses de doutoramento.

O CIETI tem como valores a sustentabilidade, a inovação e a excelência. Neste âmbito, promove a investigação ligada à indústria e assegura a dinâmica científica de mestrados e doutoramentos.



Figura 3.1: Página oficial do CIETI [4].

A missão do CIETI passa por promover a investigação nas seguintes áreas:

- Eco sustentabilidade e Economia circular (ambiente, energia e valorização de resíduos);

¹www.cieti.issep.ipp.pt

- Otimização de Processos Químicos e Industriais;
- Biomateriais e Nanotecnologia;
- Laboratórios Remotos e Educação em Engenharia.

São órgãos de direção do CIETI: a Direção, o Conselho Científico e a Unidade de Acompanhamento, de acordo com o artigo 2º dos Estatutos da Unidade.

- A Direção é constituída por um Diretor e pelos Coordenadores dos Núcleos do CIETI.
- O Conselho Científico do CIETI é constituído por todas as pessoas que, a qualquer título, exerçam atividade na Unidade, desde que sejam titulares do grau de doutor ou integrem a carreira de investigação, a carreira do pessoal docente das universidades ou a carreira do pessoal docente do ensino superior politécnico.
- A Unidade de Acompanhamento é composta por especialistas e individualidades exteriores à Unidade de I&D, por esta selecionados, com reconhecida competência científica na área de atividade da Unidade, devendo, sempre que possível, parte deles exercer a sua atividade em instituições estrangeiras.

De acordo com o organograma ilustrado na Figura 3.2, o CIETI é, atualmente, encabeçado por um Diretor, seguido dos Coordenadores dos três núcleos, responsáveis pela coordenação dos Investigadores e Bolseiros do respetivo núcleo. No que diz respeito aos Investigadores, subdividem-se em Integrados, Colaboradores, Contratados/Convidados e Voluntários. Por sua vez, os Bolseiros são agrupados entre Bolseiros com atribuição de bolsa ISEP e atribuição de bolsa FCT.

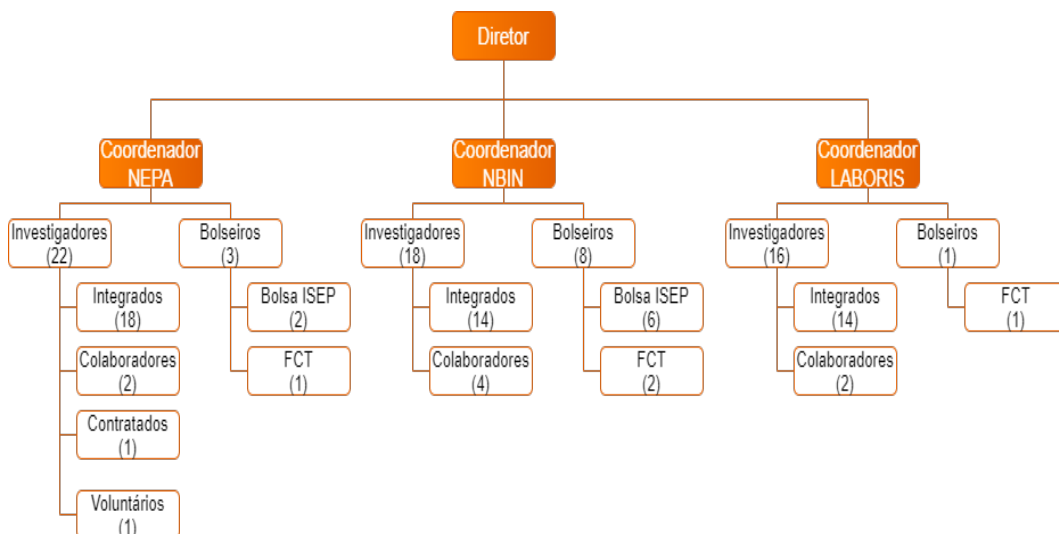


Figura 3.2: Organograma do CIETI.

De seguida são apresentadas as definições e as principais funções dos membros constituintes da organização interna do CIETI:

- Diretor – órgão de direção e representação do Centro de Investigação, nomeado pela Entidade Instituidora de entre os respetivos membros doutorados para um mandato de três anos;
- Coordenador – ou investigador-coordenador executa, com carácter de regularidade, atividades de I&D e todas as outras atividades científicas e técnicas enquadradas nas missões das respetivas instituições e ainda:
 - Coordena os programas e respetivas equipas de investigação no âmbito de uma área científica;
 - Concebe programas de investigação e desenvolvimento que se traduzem em projetos;
 - Desenvolve ações de formação no âmbito da metodologia da investigação e desenvolvimento.
- Investigador Integrado – pode pertencer à equipa de investigação de uma das Unidades de I&D. O Financiamento Base anual no período que se segue à avaliação é proporcional ao nº de Investigadores Doutorados Integrados na Unidade de I&D calculado ponderando os investigadores por 1, 1/2 ou 0,2 como indicado no Regulamento), com um valor de referência unitário diferente para classificações Excelente, Muito Bom ou Bom [57];
- Investigador colaborador – colabora com a Unidade de I&D mas tem com ela uma relação que não é unívoca e não requer o grau de dedicação e envolvimento nas atividades da Unidade de I&D de Investigadores Integrados, mas podem ser abrangidos pela aplicação do financiamento que a FCT, I.P. atribui à Unidade de I&D, nomeadamente para missões no país ou no estrangeiro e para beneficiarem de recursos partilhados básicos para as atividades da Unidade de I&D na medida em que esta decida [57];
- Investigador Contratado/Convidado – elemento cujo contributo, devido à especial qualificação e especialização daquele, é considerado essencial em determinado momento, e por período definido, à atividade da instituição [58];
- Investigador Voluntário – elemento que contribui ativamente para o desenvolvimento da investigação, porém, não requer grau de dedicação/envolvimento nem usufrui de remuneração [58].

Atualmente, os recursos afetos ao CIETI consistem, principalmente, em docentes do ISEP (48), na sua maioria, com o grau de doutoramento, repartidos por diversas

áreas científicas (ou departamentos): engenharia química, física, engenharia eletrotécnica, engenharia geotécnica, e organização e gestão. Além dos docentes, o CIETI tem 12 bolseiros de investigação para apoio aos diferentes trabalhos em curso. No total, o CIETI conta com a colaboração de 68 investigadores, sendo que 49 são doutorados, 12 mestres e 7 licenciados (Tabela 3.1).

Tabela 3.1: Constituição da equipa do CIETI.

Equipa CIETI					
Nº Investigadores		Nº Doutorados		Nº Integrados	
Docentes	Não Docentes	Docentes	Não Docentes	Docentes	Não Docentes
48	20	42	7	44	2

3.1.1 Núcleos de Investigação e Desenvolvimento

Com um total de 68 membros, o CIETI é constituído por três núcleos de I&D (Figura 3.3).

O Núcleo de Energia, Processos e Ambiente (NEPA) integra um total de 25 membros e tem como principais objetivos:

- Desenvolver investigação aplicada na área de Engenharia Química, focada na energia, nos processos e tecnologias de produção, e no ambiente;
- Encontrar respostas para problemas de engenharia na indústria.

O Núcleo de Biomaterias e Nanotecnologia (NBIN) integra 26 membros e possui as seguintes linhas de desenvolvimento:

- Desenvolver investigação na área dos materiais, nomeadamente de couro e têxteis;
- Desenvolver investigação em nanomateriais e nanomedicina;
- Desenvolver investigação em Ótica Médica;
- Desenvolver investigação em Biotecnologia Ambiental e Alimentar: biorremediação de metais pesados e desenvolvimento de bioensaios para avaliação de toxicidade;
- Estudar a fisiologia das leveduras de cerveja.

Por último, o Núcleo de Investigação em Sistemas de Teste (LABORIS) é constituído por 17 membros e tem como objetivos:

- Desenvolver e aplicar soluções de alta tecnologia a problemas na educação e na indústria;

- Realizar investigação na área do teste e depuração de sistemas eletrónicos;
- Acompanhar a evolução de sistemas programáveis e estudar a sua aplicação a problemas de engenharia concretos;
- Promover o desenvolvimento de laboratórios remotos como infraestruturas de apoio à experimentação laboratorial em contextos industriais e de ensino superior.

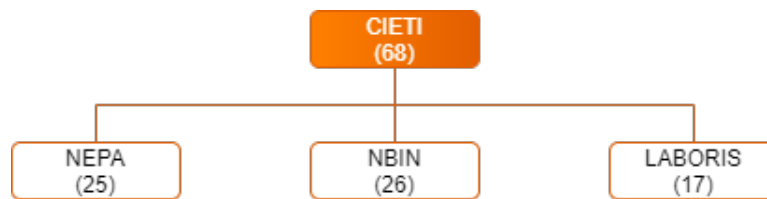


Figura 3.3: Estrutura interna do CIETI.

3.1.2 Inserção na Estrutura Interna do ISEP

O ISEP apresenta cinco macroestruturas que compõem a sua organização interna: os departamentos, os cursos, os grupos de investigação, os centros de prestação de serviços e os serviços [59].

De acordo com o artigo 34^o, secção 4 do Despacho n.º 2863/2018 referente aos Estatutos do ISEP [59], o CIETI é reconhecido como grupo de investigação, pois é uma Unidade com classificação igual ou superior a Bom, pelo organismo do ministério da tutela a quem estiver atribuída essa competência (FCT).

A atividade desenvolvida no âmbito da investigação é assegurada, maioritariamente, pelos onze grupos de investigação reconhecidos pelo ISEP: BioMark, CIDEM, CIETI, CISTER, CRAS|LSA, GECAD, GICEC, GILT, GRAQ, ISRC e LEMA (Figura 3.4).



Figura 3.4: Grupos de I&D do ISEP [5].

Para dar resposta a todas as obrigações que o CIETI tem enquanto grupo de investigação, existem interações diretas com vários serviços do ISEP, nomeadamente com: Secção de Contabilidade e Orçamento (SCO), Gabinete de Apoio a Projetos (GPR), Gabinete de Planeamento e Qualidade (GPQ), Biblioteca (BIB), Núcleo do Bolseiro (NB) e Secção de Pessoal (SP) [60].

Como ilustrado na Figura 3.5, as interações resultam em:

- CIETI \Leftrightarrow SCO: envio de Pedido de Autorização de Despesa (PAD) e Pedido de Autorização de Receita (PAR), bem como consultar orçamento anual;
- CIETI \Leftrightarrow GPR: discussão de assuntos relacionados com bolsas e Relatórios FCT;
- CIETI \Leftrightarrow GPQ: resolução de assuntos relacionados com o Plano/Relatório de Atividades;
- CIETI \Leftrightarrow BIB: envio de dados dos contributos (artigos de revista, atas em conferência, posters, entres outros) dos membros, por forma a serem atualizados e/ou inseridos no Repositório Científico do Instituto Politécnico do Porto (RECIPP) [61];
- CIETI \Leftrightarrow NB: discussão de assuntos relacionados com bolsas e bolseiros FCT;
- CIETI \Leftrightarrow SP: obtenção de informações relativas aos membros do CIETI (número de identificação pessoal, data de nascimento, chave de associação, etc.).

A SCO e o GPR integram a Divisão de Recursos Humanos (DRH). Por outro lado o NB e a SP integram os Serviços Económico-Financeiros (SEF).

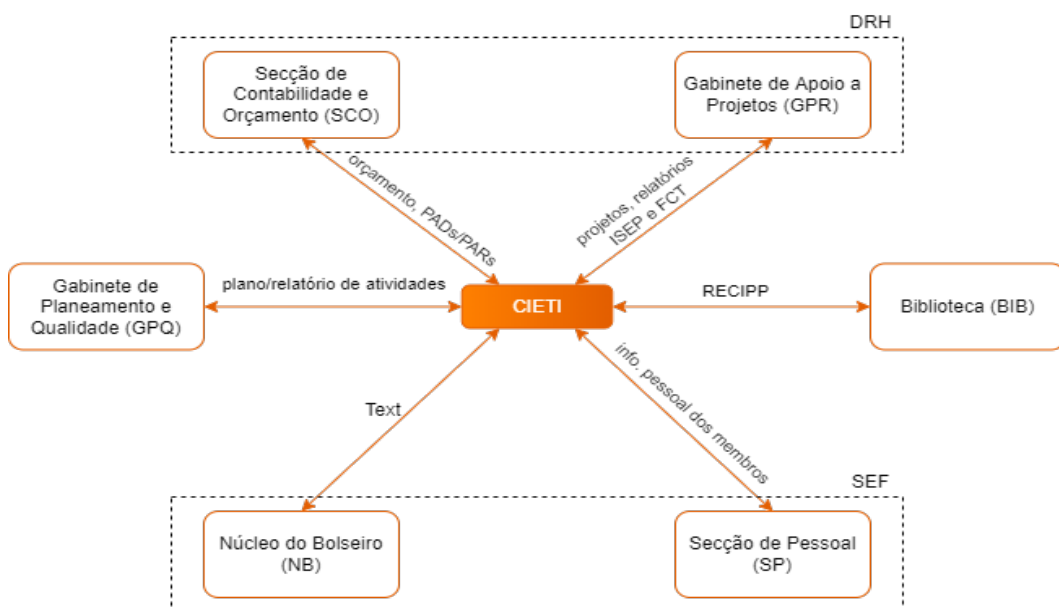


Figura 3.5: Interação do CIETI com serviços do ISEP.

O CIETI, enquanto grupo de investigação, integra a Unidade de Apoio ao Ensino e Investigação (UAE), tal como ilustrado no organograma dos serviços do ISEP (Figura 3.6). A UAE, em conjunto com a Unidade de Apoio à Gestão (UAG), respondem ao Secretário (SEC) que, por sua vez, responde diretamente à Presidência.

No que diz respeito ao Modelo de Governo do ISEP, de acordo com o artigo 9º dos seus estatutos para o desempenho das funções governativas, o instituto dispõe de 3 órgãos: o Presidente, o Conselho Técnico-Científico e o Conselho Pedagógico [59] [62].

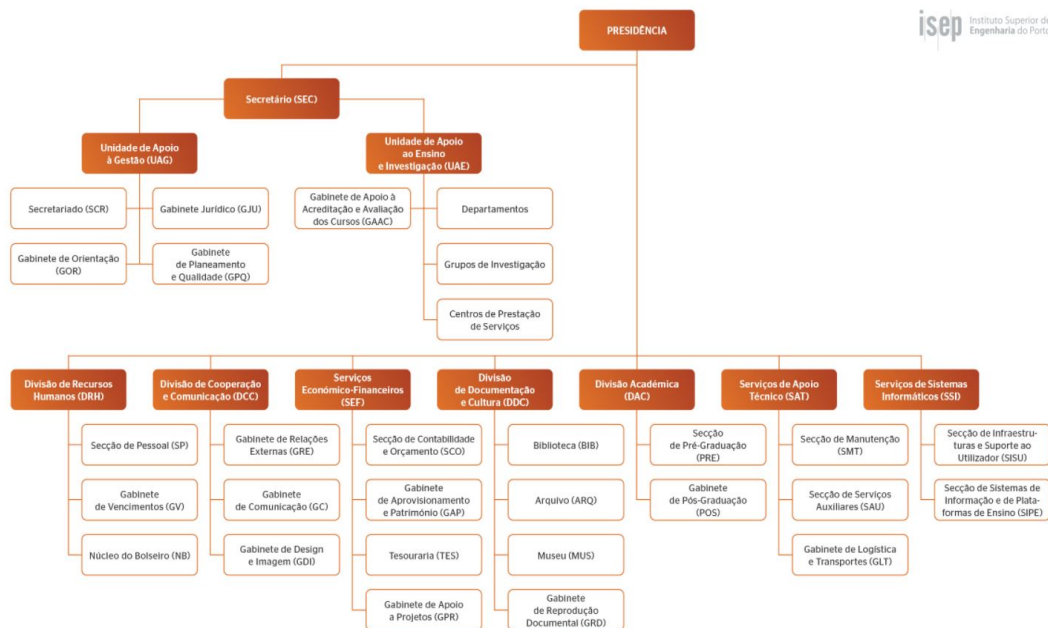


Figura 3.6: Organograma do ISEP [6].

3.1.3 Interação com Organismos Externos

A gestão de projetos de investigação, de bolsas, da própria Unidade de I&D, da comunicação entre o CIETI e a FCT, entre outras, é assegurada através da interação com organismos externos (Figura 3.7).

As principais interações do CIETI são com:

- O Portal de Ciência e Tecnologia (PCT), desenvolvido pela FCT com o objetivo de unificar numa única interface aplicações de gestão (projetos, Unidades, bolsas) e de comunicação com seus os interlocutores (individuais e coletivos), procurando, através dessa unificação, melhorar significativamente a eficiência da dinâmica processual [63];

- O Sistema de Informação da FCT (FCT|SIG), que permite, entre outros processos, consultar os resultados de avaliação de candidaturas de projetos e bolsas, gerir o financiamento de projetos por parte do Investigador Responsável (IR) e atualizar as equipas de investigação das Unidades de I&D financiadas [64];
- A Direção-Geral de Estatísticas da Educação e Ciência (DGEEC), que é um serviço central da administração direta do Estado, dotado de autonomia administrativa, que tem por missão garantir a produção e análise estatística da educação e ciência, apoiando tecnicamente a formulação de políticas e o planeamento estratégico e operacional, criar e assegurar o bom funcionamento do sistema integrado de informação do Ministério da Educação (MEC), observar e avaliar globalmente os resultados obtidos pelos sistemas educativo e científico e tecnológico, em articulação com os demais serviços do MEC. A DGEEC apresenta, ainda, os principais indicadores sobre recursos humanos e financeiros afetos a atividades de I&D, por Regiões (NUTS II e NUTS III), apurados a partir do Inquérito ao Potencial Científico e Tecnológico Nacional (IPCTN) [65].

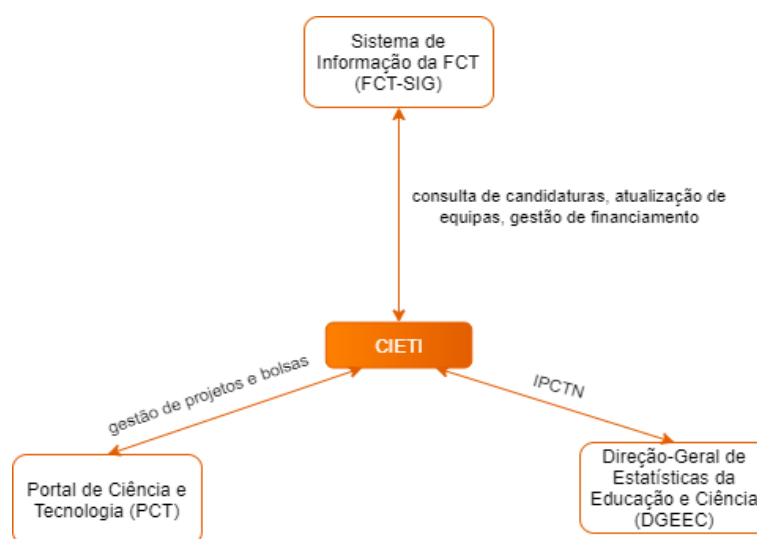


Figura 3.7: Interações do CIETI com organismos externos.

3.2 Projetos e Parcerias

Para se iniciar um Projeto de Investigação Científica e Desenvolvimento Tecnológico (IC&DT) ou Projeto de investigação de caráter Exploratório (PeX), existe um conjunto de etapas, delineadas no tempo, a serem respeitadas: Abertura de Concurso, Submissão, Avaliação e Aprovação/Rejeição, tal como ilustra a Figura 3.8.

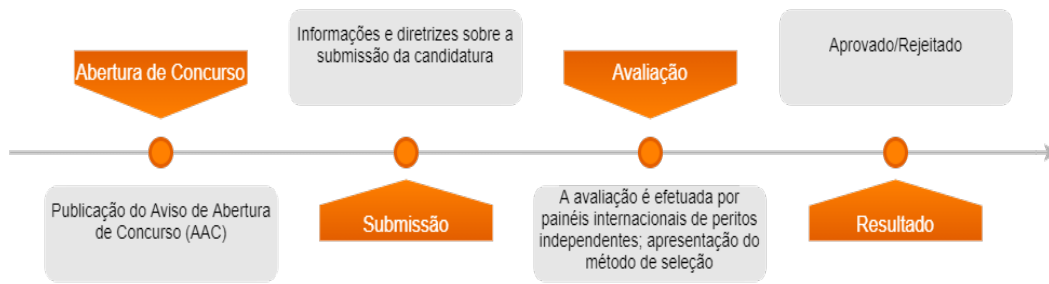


Figura 3.8: Etapas de candidatura a um projeto.

A Abertura de Concurso é assinalada pela publicação do Aviso de Abertura de Concurso (ACC), onde se divulgam as principais informações do concurso, segue-se na Tabela 3.2 sumário de um ACC emitido pela FCT [8]. De seguida, a submissão é marcada por um período, no qual são definidas datas limite e em que o investigador/equipa deve apresentar a sua candidatura para avaliação, que é efetuada por painéis internacionais de peritos independentes, afiliados a instituições estrangeiras e de reconhecido mérito e idoneidade, constituídos por domínio científico, área científica e subárea científica. Nesta etapa -a Avaliação- é ainda apresentado o método de seleção que, para o caso de um AAC emitido pela FCT, se baseia no indicador do Mérito do Projeto (MP), o qual refere que para efeitos de seleção e decisão de financiamento, consideram-se elegíveis e objeto de hierarquização os projetos que obtenham uma pontuação final de MP igual ou superior a 7,00.

O número de candidaturas submetidas e aprovadas, bem como o número de projetos ativos, por ano, pode ser consultado na Tabela 3.3. Face ao número de candidaturas aprovadas, por parte do Programa financiador, é analisada a evolução dos montantes de financiamento aprovado, recebido e executado (Tabela 3.4). Sendo que se verifica uma tendência ascendente do valor de financiamento aprovado.

Sendo o CIETI uma Unidade de I&D, é essencial que possua relações para fomentar a evolução do conhecimento, com entidades que valorizem e incentivem a partilha como responsável do avanço tecnológico. Com isto, são promovidas várias parcerias, tanto a nível nacional (maior incidência) como internacional, com outras entidades, das quais resultam vários projetos de investigação desde 2008.

Os projetos com participação (coordenação) do CIETI estão representados através do cronograma presente na Figura 3.9. O mapa temporal está organizado cromaticamente, de forma a permitir a sua rápida interpretação: a azul são representados os projetos com parcerias com instituições nacionais, a verde os projetos com parcerias com instituições e empresas nacionais, a amarelo os projetos com parcerias com instituições internacionais e, por último, a vermelho os projetos com parcerias com instituições e empresas internacionais.

É também importante referir que o CIETI promove relações de parceria com outras instituições de ensino, nacionais e internacionais, descritas no anexo B.1.

Tabela 3.2: Caracterização de um AAC emitido pela FCT. Adaptado de [8].

Item	Estrutura	Descrição
1	Objetivos e prioridades	Contextualização do AAC.
2	Natureza dos beneficiários	Enumeração dos beneficiários.
3	Tipologia e modalidade dos projetos a apoiar	Projetos IC&DT ou PeX.
4	Forma do apoio e taxa de financiamento	Artigo 7º do Regulamento de Projetos FCT, que pode ser consultado em [66].
5	Dotação orçamental	Apresentação do orçamento para as diferentes tipologias de projeto.
6	Critérios de elegibilidade dos projetos e dos beneficiários	Condições de elegibilidade para o projeto; IR; Co-Investigador Responsável (CO-IR); Instituição Proponente e Empresas Participantes.
7	Despesas e limites à sua elegibilidade	Descrição dos custos diretos e indiretos.
8	Pagamentos e justificação de despesas	Distinção entre financiamento de Projetos IC&DT ou PeX.
9	Método de seleção	Exposição do método de seleção, baseado no MP.
10	Apresentação de candidaturas	Apresentação das diretrizes das candidaturas: língua, datas, entre outras.
11	Política de não discriminação e de igualdade de acesso	Explicação sobre a política de igualdade.
12	Legislação e regulamentação aplicável	Exposição de legislação e regulamentação em vigor.
13	Ponto de contacto	Para obter informações adicionais ao concurso.

Tabela 3.3: Candidaturas, aprovações e projetos/parcerias ativo(a)s do CIETI de 2009-2021 (fonte: Relatórios de Atividades Setoriais 2009-2020).

Ano	Candidaturas	Aprovados	Ativos
2009	ND	2	3
2010	ND	3	7
2011	20	5	9
2012	7	1	8
2013	5	2	4
2014	0	0	2
2015	7	1	1
2016	10	1	3
2017	6	2	5
2018	6	0	5
2019	5	3	7
2020	4	0	6
2021	8	0	3

Tabela 3.4: Montantes de financiamento aprovado, recebido e executado pelo CIETI (fonte: Relatórios de Atividades Setoriais 2009-2020).

Ano	Montante (€)		
	Aprovado	Recebido	Executado
2009	ND	<200 000,00	ND
2010	ND	77 630,80	ND
2011	ND	87 969,31	ND
2012	946 000,00	180 000,00	ND
2013	642 000,00	145 000,00	140 000,00
2014	640 000,00	90 000,00	40 000,00
2015	450 000,00	70 000,00	80 000,00
2016	125 200,00	55 778,28	75 290,51
2017	564 174,19	131 404,95	194 120,98
2018	614 174,18	193 261,92	405 070,21
2019	817 778,83	279 845,69	468 676,57

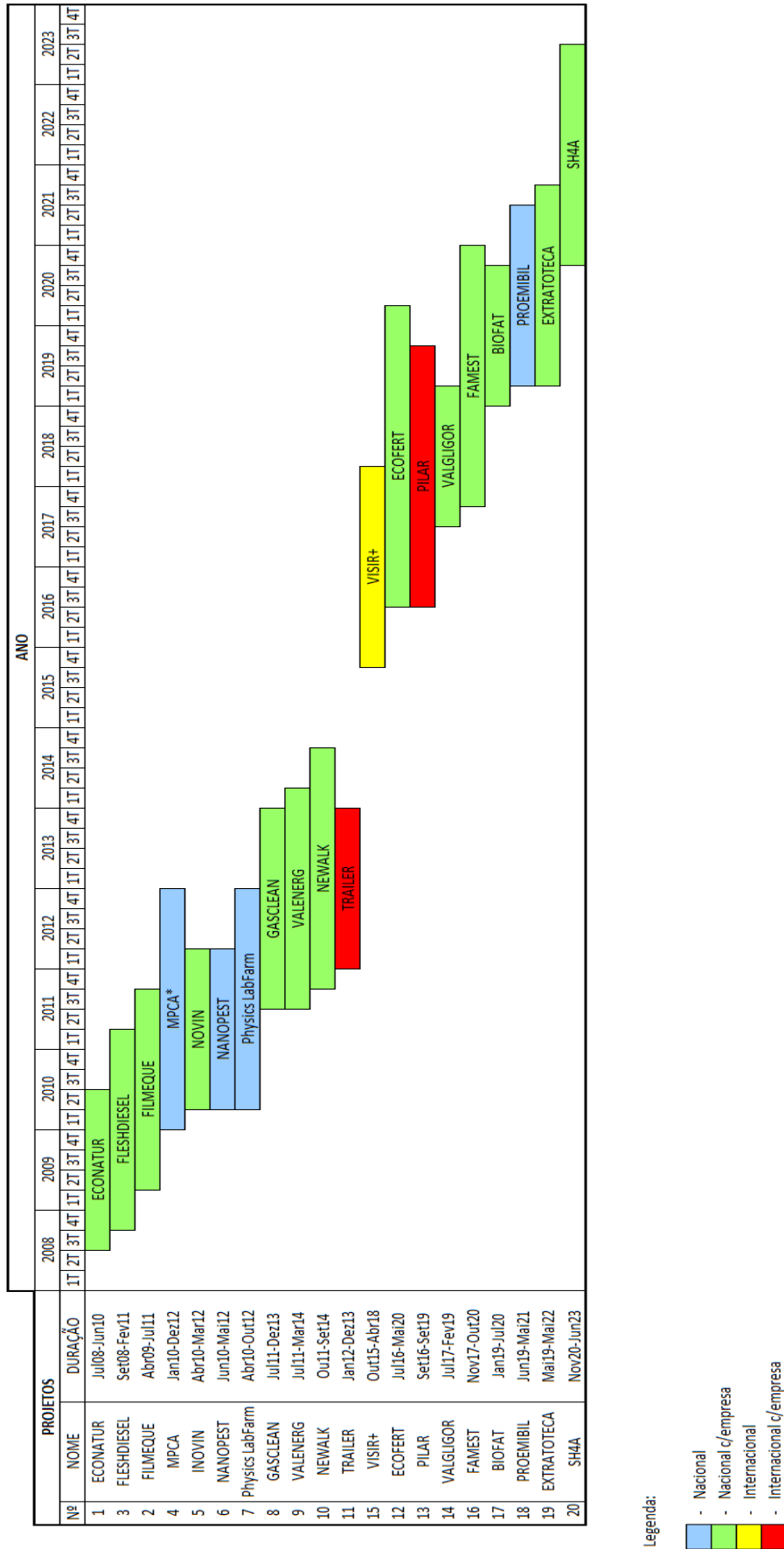


Figura 3.9: Cronologia de projetos com participação (coordenação) do CIETI.

3.2.1 Financiamento ao Abrigo do Programa Plurianual da FCT

O presente programa de financiamento tem um carácter complementar de outros programas e, pela sua natureza plurianual, abre possibilidades de definição de objetivos de médio prazo, permitindo a existência de um sistema de duplo financiamento em bases coerentes [67]. O financiamento abrange duas parcelas:

1. Um financiamento de base, indexado ao número de investigadores doutorados integrados na Unidade e à avaliação da atividade científica realizada;
2. Um financiamento programático especial, relativo a algumas Unidades, em função de necessidades específicas detetadas pelos avaliadores e propostas para análise pela FCT.

O financiamento de base, revisto anualmente mediante a atualização das equipas de investigação à data de 31 de dezembro do ano anterior, sendo função da avaliação científica da Unidade, é dividido em três escalões:

1. Atribuído às Unidades com classificação “Excelente” (*Excellent*) corresponde o montante máximo do financiamento, a definir por despacho do Ministro da Ciência e da Tecnologia;
2. Atribuído às Unidades com classificação “Muito Bom” (*Very Good*) corresponde um montante intermédio, cujo valor é de 75% do máximo;
3. Atribuído às Unidades com classificação “Bom” (*Good*) corresponde um montante mínimo, cujo valor é de 50% do máximo. As Unidades com classificação de “Regular” (*Fair*) ou “Fraco” (*Poor*) não beneficiam de financiamento [15].

De acordo com os relatórios finais da avaliação científica da Unidade, a Tabela 3.5 apresenta a classificação resultante de cada avaliação, bem como o montante (base e programático), em K€, atribuído pelo programa plurianual da FCT ao CIETI [68] [69].

Tabela 3.5: Montante de financiamento atribuído ao CIETI pelo programa plurianual da FCT.

Período Avaliado	Classificação	Montante (K€)		Período Executado
		Base	Programático	
2003-2007	<i>Fair</i>	-	-	2008-2013
2008-2013	<i>Good</i>	100	-	2014-2018
2014-2018	<i>Good</i>	434	275	2019-2022

3.2.2 Centro de Custos

Um Centro de Custos (CC) representa uma forma de separar uma empresa em vários setores autônomos, cada um deles com uma parcela de responsabilidades operacionais, financeiras e económicas. Os CCs podem ser considerados maneiras eficientes de agrupar receitas e despesas, propiciando um melhor conhecimento e análise das de todos os processos.

Os CCs podem ainda ser entendidos como uma Unidade dentro de uma organização, como é o caso do CIETI, em que representam, por exemplo, um projeto ou um departamento. Os centros de custos podem ser considerados maneiras eficientes de agrupar receitas e despesas, propiciando um melhor conhecimento e análise de todos os processos.

Assim, o CIETI está dividido em vários CCs que se podem agrupar em: projetos (e.g, todos os projetos com financiamento FCT) e núcleos (NEPA, NBIN e LABORIS). Cada CC possui um Responsável que age de forma autónoma, no entanto, cabe à direção do grupo aprovar/recusar os PADs associados a cada centro. Alocado ao CIETI estão, ainda, os CCs que dizem respeito aos vários eventos organizados pelo grupo. É de notar que o CIETI, por si só, também representa um centro de custo (CC8329).

3.3 Produção e Reconhecimento

Como consequência dos projetos e parcerias realizados durante os últimos anos, o CIETI, numa perspetiva de partilha e divulgação no seio da comunidade científica, elabora a documentação das iniciativas e respetivos resultados, sob formato de:

- Artigos científicos ou *journal articles*;
- Comunicações em eventos científicos/atas, também denominadas por *conference proceedings*;
- Livros ou capítulos de livro;
- Posters;
- Relatórios.

As publicações do CIETI podem ser agrupadas ainda pelos assuntos tratados, de acordo com a lista apresentada na Tabela 3.6.

Tabela 3.6: Número de publicações do CIETI por assunto [7].

Assunto	Nº publicações
<i>Remote labs</i>	129
<i>VISIR</i>	66
<i>Engineering Education</i>	58
<i>Optical clearing</i>	13
<i>Sustainability</i>	11

Em virtude das participações, orientações e trabalhos desenvolvidos no CIETI, todo o mérito tem vindo a ser reconhecido com prémios e distinções, a nível nacional e internacional, entre os quais se destacam: um Prémio Extraordinário de Doutoramento (2020), Prémio João Cordeiro (2019), dois Prémios para Melhor Artigo Científico (2019 e 2018), um Prémio para Melhor Apresentação Oral (2018), um Prémio para Melhor Poster (2016), um Prémio para Melhor Artigo Científico (2016), Prémio para o Melhor Laboratório Controlado Remotamente (2015), um Prémio para a Melhor Demonstração (2012) e um reconhecimento de Mérito de Publicação Científica (2012) [4]. No anexo B.2 são descritos em pormenor os prémios atribuídos.

3.3.1 Identificadores/indicadores de atividade científica

Com o aumento do número de publicações por autor, criou-se a necessidade de fornecer a cada investigador/docente/estudante um curriculum vitae digital constantemente atualizado, que fosse mais além do que uma simples lista de publicações. Nesse âmbito surgiram várias plataformas, das quais, atualmente, se destacam:

- *Google Scholar*, através do *Google Scholar ID*;
- ORCID, através do *Open Researcher and Contributor iD* (ORCID *iD*);
- CIÊNCIAVITAE através do CIÊNCIA ID.

Um perfil na plataforma *Google Scholar* fornece uma maneira simples para os autores agruparem as suas publicações científicas. É possível verificar quem cita determinados artigos, obter representações gráficas das citações ao longo do tempo e calcular várias métricas de citação. O perfil pode ainda ser público, para que surja nos resultados do *Google Scholar* quando este é pesquisado [70].

A plataforma ORCID fornece um identificador persistente para cada investigador(a) um “ORCID *iD*”, através da criação de um perfil único onde é possível associar o trabalho académico e de investigação, às respetivas instituições, bem como fazer conexões com outros investigadores. Esta plataforma é segura e não acarreta quaisquer custos de adesão e manutenção [71].

Por último, o CIÊNCIA ID é um meio de identificação e autenticação individual e permanente para todos os que desenvolvem atividade científica em Portugal. Cada pessoa só pode ter uma única conta, que dá acesso a vários serviços de ciência. Na prática, vai ser obrigatório para qualquer indivíduo possuir um identificador nas interações com a administração pública do sistema nacional de ciência em Portugal [72]. O CIÊNCIA ID dá acesso não apenas à plataforma CIÊNCIAVITAE, mas também a outros serviços. Isto significa que a conta permite ao utilizador autenticar-se nas diferentes plataformas:

- CIÊNCIAVITAE: currículo personalizado e estruturado, gerida pela FCT [73];
- *myFCT*: sistema em linha para gerir todo o ciclo de vida do financiamento concedido pela FCT [74];
- Repositórios Científicos de Acesso Aberto de Portugal (RCAAP) [75];
- Ciência-IUL: portal de uso exclusivo de docentes e investigadores do Instituto Superior de Ciências do Trabalho e da Empresa (ISCTE) [76].

O CIÊNCIAVITAE pretende agregar num sítio único a informação referente ao utilizador que se encontra dispersa em múltiplas plataformas, como FCT|SIG, DeGóis², Registo Nacional de Teses e Dissertações (RENATES) [77], Registo Biográfico de Docentes do Ensino Superior (REBIDES) [78], ORCID e RCAAP. Foi necessário criar esta plataforma também para que o investigador disponha de um identificador único, inequívoco, o que não ocorre com outros sistemas, como o ORCID, em que uma mesma pessoa pode criar vários identificadores. Este currículo único poderá ser partilhado pelos diferentes intervenientes do sistema académico-científico nacional [18].

Para manter as três plataformas atualizadas, o utilizador terá de preencher, pelo menos, uma delas (não dispensado a criação de conta nas outras plataformas). Isto porque os dados disponíveis no *Google Scholar* são facilmente importados ou exportados com o ORCID. Por outro lado, mediante a sincronização da plataforma CIÊNCIAVITAE com o ORCID, qualquer alteração efetuada numa das plataformas será automaticamente transposta para a outra [71] [72]. A Figura 3.10 ilustra o fluxo de informação entre plataformas para o caso de uma investigadora integrada do CIETI.

²A plataforma de gestão curricular DeGóis foi descontinuada em maio de 2021 e substituída pelo CIÊNCIAVITAE.

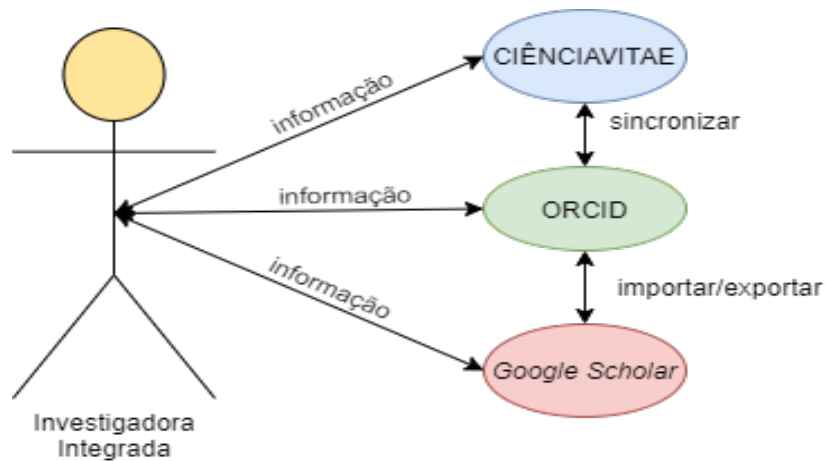


Figura 3.10: Fluxo de informação entre plataformas.

Na comunidade científica existem outras plataformas que permitem afiliar o utilizador a uma determinada Unidade de I&D, departamento e/ou instituição. Para o caso dos membros do CIETI, a Figura 3.11 esquematiza, através de uma seta verde bidirecional, exemplos de plataformas em que se podem realizar afiliação ao grupo (RECIPP, *Research Gate* [79] e ainda o *Authenticus* [80]). Por outro lado, representadas por uma seta vermelha, tracejada e bidirecional estão exemplos de plataformas em que não é possível criar afiliação ao CIETI e, por isso, são consideradas individuais (CIÊNCIA ID e *Google Scholar*).

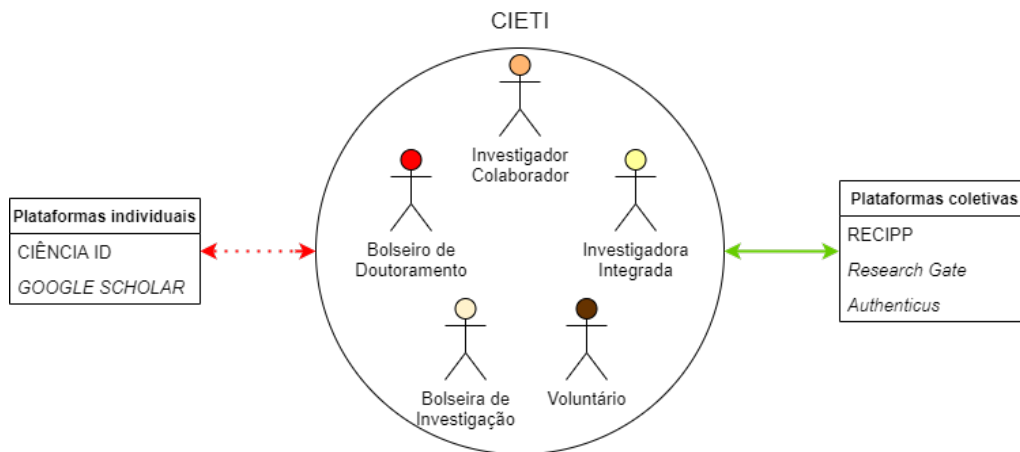


Figura 3.11: Interação dos membros do CIETI face a plataformas coletivas/individuais.

Capítulo 4

Gestão da Informação no Centro de Inovação em Engenharia e Tecnologia Industrial

O presente capítulo discute a Gestão da Informação no CIETI e está dividido em 2 secções: (1) refere-se ao contexto atual¹ e descreve em (a), (b), (c), (d), o fluxo da informação produzido pela interação do grupo com: os núcleos, o ISEP (SCO, GPR, GPQ, BIB, NB e SP), a FCT (PCT, FCT|SIG) e com a DGEEC, respetivamente. Ainda nesta secção são referidas as principais linhas de atuação de cada serviço/entidade; por fim, (2), onde é realizada a fase de diagnóstico na qual se identificam as forças e fraquezas do sistema organizacional do CIETI e, são ainda, propostas sugestões de melhoria de forma a colmatar as falhas detetadas no período referido.

4.1 Contexto Atual

Nesta secção são abordados os vários fluxos da informação do CIETI relativos ao contexto atual. Os fluxos são descritos tendo em conta os procedimentos que vigoravam até novembro de 2020, mês em que se iniciou a relação como a Unidade de I&D.

¹data anterior a novembro de 2020

Adicionalmente, duas notas a ter em conta neste contexto: a primeira diz respeito às duas dimensões de tempo, quer seja ano civil ou ano letivo, a segunda refere-se aos fluxos de informação que podem ser programados ou pontuais.

Um ano civil (n) principia a 1 de Janeiro e termina em 31 de Dezembro, enquanto que o ano letivo/escolar (m) é um período compreendido entre o início das aulas e o fim das atividades escolares [81]. No caso particular do ISEP e, consequentemente, do CIETI, é compreendido, na sua generalidade, entre setembro do ano civil considerado e agosto do ano seguinte.

Um conjunto de ações são programadas quando são realizadas num período previamente estipulado, como é o caso dos Relatórios de Atividade elaborados anualmente no mesmo período do ano, abordados em pormenor na secção 4.1.2. Por outro lado, as ações que não se prolongam no tempo e/ou não se estendem à sua totalidade são denominadas de pontuais, como é o caso da interação do CIETI com o GPR (secção 4.1.2).

De forma a dar uma vista geral das atividades que o CIETI desenvolve, foi elaborado um mapa temporal com algumas ações, onde se verifica a distinção das atividades programadas e pontuais realizadas ao longo de um ano civil. As atividades apontadas na Figura 4.1 encontram-se diferenciadas cromaticamente, sendo que a atividade será tão ou mais cinzenta, quando maior for o número de recursos e tempo investido na sua realização.

	Nº	Processo	Jan	Feb	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Programadas	1	Plano de Monitorização Atividades Setorial												
	2	Plano de Atividades Setorial CIETI												
	3	Relatório de Atividades Setorial CIETI												
	4	Relatório de Progresso Científico FCT												
	5	IPCTN												
	6	Atualização coleções RECIPP												
	7	Atualização equipas FCT												
Pontuais	1	Atualização equipas FCT												
	2	PADs/PARs												
	3	Elaboração pasta completa de contributos												
	4	Atualização <i>site</i> CIETI												
	5	Atualização RECIPP												
	6	Candidaturas a projetos												
	7	Abertura de concurso de bolsas												
	8	Correção orçamento FCT												

Figura 4.1: Cronologia de atividades no CIETI.

4.1.1 CIETI - Núcleos

A comunicação no interior do CIETI destaca-se como a mais importante da organização, pois através dela surgem grande parte dos *inputs* do fluxo de informação da unidade. No contexto atual, a comunicação existente pode ser analisada em duas dimensões: a primeira ocorre entre o Diretor da Unidade e os Coordenadores de

cada núcleo; já a segunda ocorre entre os Coordenadores e os membros do respetivo núcleo.

Da primeira surgem, entre outros, pedidos de divulgação/colaboração; pedidos de aprovação de despesas e receitas (PADs/PARs); reuniões periódicas em que são discutidas as diretrizes gerais do grupo. É de notar que se verifica a interação entre a Direção e todos os membros do grupo, por exemplo, através da realização de duas reuniões gerais: uma no final do ano letivo (julho) e a outra no final do ano civil (dezembro). São reunidos todos os membros da equipa (docentes e não docentes) e abordam-se temas, tais como, os Relatórios (FCT e ISEP); Espaços CIETI; Discussão e aprovação dos Estatutos do CIETI, entre outros. Estas reuniões são de cariz programático.

Por outro lado, os Coordenadores divulgam os pedidos no seio do respetivo núcleo e convocam reuniões gerais para cada. Um exemplo da ordem de trabalhos deste tipo de reunião é: (1) Informações, (2) Plano Atividades, (3) Atividades em Curso, (4) Gestão Espaços, (5) Outros assuntos.

O canal de comunicação privilegiado, em ambas, é o *e-mail*, onde se cruzam parte dos *inputs* do fluxo de informação do CIETI, por exemplo, contributos científicos dos membros e respetivos documentos, informações pessoais de cada membro, etc.

4.1.2 CIETI - ISEP

Para dar resposta às suas obrigações, o CIETI, enquanto Unidade de I&D, interage diretamente com vários gabinetes e unidades de serviços do ISEP, nomeadamente com: SCO, GPR, GPQ, BIB, NB e SP, assim como com organismos externos ao ISEP, tal como referido anteriormente.

Nas secções que se seguem é descrito o processo de interação do CIETI com cada um dos serviços/organismos referidos.

Secção de Contabilidade e Orçamento

A SCO é uma das 4 secções alocadas aos SEF (Figura 3.6). A interação do CIETI com a SCO (Figura 4.2) ocorre, na sua maioria, via *site*² de Pedidos de Autorização Eletrónicos. Através deste *website*, o CIETI efetua essencialmente o PAR e o PAD, este último também, comumente, denominado como Pedido de Informação de Cabimento.

O processo de realização de ambos os pedidos encontra-se descrito nas secções anexas B.3 e B.4 e, ainda, em [82] e [83], PAD e PAR, respetivamente.

Existe, portanto, um registo de todos os pedidos que elabora uma base de dados central, em que cada Responsável de CC acede para criar novos pedidos ou para rever o estado dos pedidos elaborados, nomeadamente, se estes foram autorizados.

²<https://www2.isep.ipp.pt/padsisep/>

Além disso, o registo dos PAD e PAR fica imediatamente relacionado com a execução dos orçamentos do centro de custo, possibilitando a comparação contínua entre o valor previsto e o executado.

Para além do referido, o grupo recorre ao SCO para consultar, entre outros, contratos em vigor, listagem de fornecedores com situação regularizada, listagem material de economato ou ainda a listagem imobilizado. Encontra-se no anexo B.5, uma listagem de todos os serviços possíveis de aceder através da página de Pedidos de Autorização Eletrónicos.

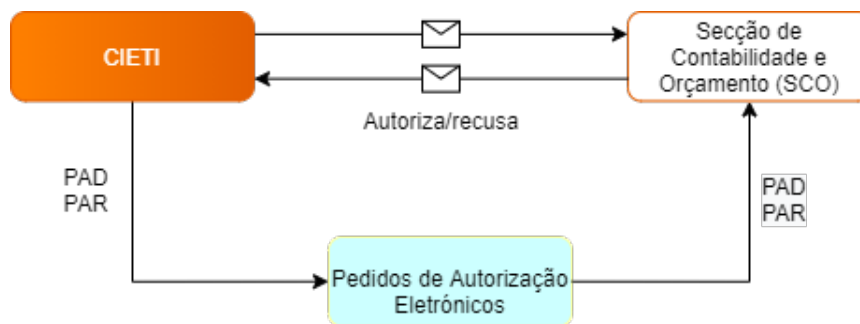


Figura 4.2: Interação CIETI-SCO.

Gabinete de Apoio a Projetos

Tal como a SCO, também o GPR integra os SEF. O GRP, sob orientação da Presidência do ISEP, constitui uma estrutura vocacionada para a identificação de oportunidades associadas a projetos financiados por organizações/instituições nacionais ou internacionais e promove a criação das parcerias necessárias e assegurando o adequado acompanhamento em termos administrativos e financeiros. Os campos de atuação do GRP, bem como os serviços que possui, encontram-se, para consulta, no anexo B.9.

Neste contexto, o CIETI interage com o gabinete na fase de preparação de candidaturas a projetos, na de realização de pedidos de financiamento junto da FCT, na de contratação de um investigador doutorado pago pela FCT, bem como na consulta de datas de bolsas (Figura 4.3). As interações anteriormente descritas são de cariz pontual. No entanto, quando o GPR auxilia o CIETI através do ficheiro de Execução Financeira (Programático) para conclusão do Relatório de Progresso Científico, estamos perante uma ação programática.

O GPR pode ainda ser visto como *interface* entre o CIETI e a FCT, na medida em que, para além de ser consultado para todas as situações acima mencionadas, serve como intermediário na comunicação com a FCT. É exemplo disso a atualização de equipas, abordada no próximo capítulo.

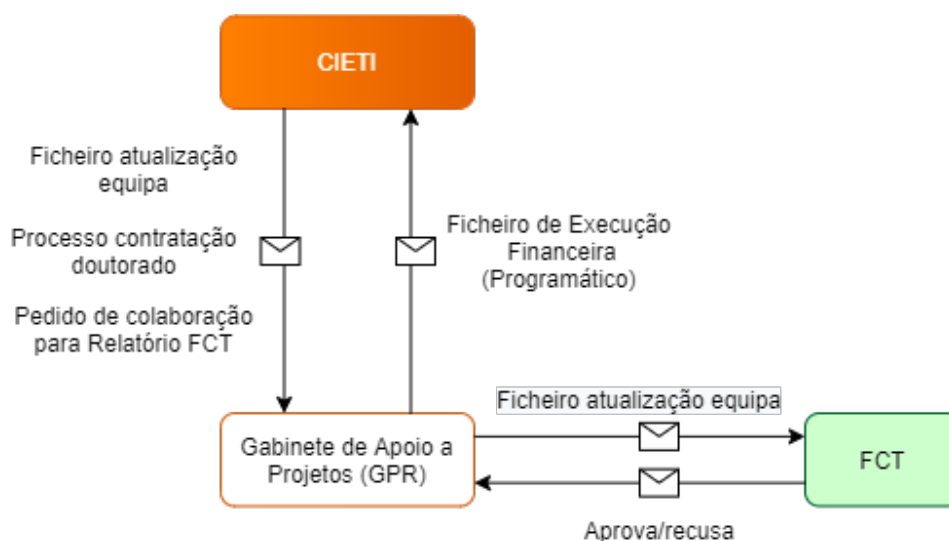


Figura 4.3: Interação CIETI-GPR.

Gabinete de Planeamento e Qualidade

O GPQ integra a Unidade de Apoio à Gestão (UAG). Ao GPQ compete, nomeadamente, a realização de gestão documental e elaboração de regulamentos. Assim, os campos de atuação do GPQ encontram-se descritos no anexo B.8.

O CIETI interage com o GPQ em 3 momentos distintos ao longo de um ano letivo (Figura 4.4).

O primeiro momento ocorre no início do 1º semestre, no decorrer da elaboração do Relatório de Atividade Setorial, relativo ao ano letivo anterior. O relatório tem como objetivo documentar as atividades do centro de investigação nos diferentes campos de atuação, como por exemplo, projetos de investigação, publicações, comunicações, *posters*, participações em eventos de relevância científica e prémios de mérito científico. A estrutura tipo deste relatório está anexada em B.10. É de notar que até 2018 os relatórios eram realizados por ano civil, sendo que, a partir desse ano, alinou-se os relatórios de todos os departamentos e centros de investigação com o ano letivo ao invés do ano civil. O segundo ocorre com vista à monitorização do Plano de Atividades do ISEP relativo ao 1º semestre de cada ano letivo e, para tal, é solicitado, no início do 2º semestre (março), o preenchimento do Plano de Atividades Setorial do CIETI, i.e., um ficheiro Excel, no qual devem ser também incluídas atividades que não estavam inicialmente previstas, mas que foram realizadas. Este relatório possui o campo “Observações” que se destina à indicação dos motivos da não realização da atividade, do não cumprimento do resultado esperado ou outras informações consideradas relevantes.

Por fim, o terceiro momento ocorre no final do 2º semestre (junho) e decorre no âmbito da elaboração do Plano de Atividades do ISEP, documento que visa definir os objetivos operacionais e as atividades que o ISEP pretende realizar no ano letivo

seguinte. Este plano é elaborado tendo em conta o preconizado na alínea l) do n.º 1 do artigo 12.º dos Estatutos do Instituto Superior de Engenharia do Porto, publicados na II Série do Diário da República, pelo Despacho n.º 2863/2018, de 20 de março [59]. Assim, este momento diz respeito ao preenchimento do Plano de Atividades Setorial (documento ISEP-PRES-MOD029v04 [84]), correspondente às atividades que o CIETI se propõe realizar no próximo ano letivo. O Plano de Atividades Setorial deverá ser completado ao longo do ano letivo, à medida que as atividades se vão realizando. Sempre que o CIETI entender, pode associar novas atividades ao plano para além das atividades inicialmente propostas, podendo, caso seja necessário, adicionar novas linhas. O objetivo deste documento consiste em agregar todas as atividades realizadas por cada uma das estruturas e facilitar a elaboração dos respetivos relatórios.

Para além dos três momentos referidos, também é elaborado, no início de cada ano civil, um Relatório de Atividades Setorial ao nível interno do CIETI (não reportado ao GPQ), referente ao período de setembro a dezembro do ano anterior. A elaboração deste documento revela várias vantagens, pois reúne informações utilizadas tanto para a monitorização do Plano de Atividades, como para o Relatório e Plano de Atividades Setorial do ISEP, bem como as mesmas informações são, ainda, utilizadas para concluir o Relatório de Progresso Científico, referente ao ano civil anterior, entregue em março.



Figura 4.4: Mapa temporal da interação CIETI-GPQ.

Biblioteca

A BIB³ é um serviço alocado à Divisão de Documentação e Cultura (DDC). Tal como ilustrado na Figura 3.5, o CIETI interage, de um modo geral, com a BIB em prol da atualização do RECIPP. Os campos de atuação da BIB, bem como os serviços que possui, encontram-se, para consulta, no anexo B.6

O RECIPP tem como objetivo principal disponibilizar toda a produção científica de docentes, investigadores e alunos do Politécnico do Porto (P. Porto) quando possível em texto integral. A sua missão compreende-se assim entre dois factores de

³www.isep.ipp.pt/biblioteca

extrema importância: a disponibilização da informação científica e a preservação da informação digital.

Uma vantagem adicional é a associação de publicações a projetos. De um modo geral, as publicações surgem no decorrer de projetos. Assim que as publicações estão associadas aos projetos, através do código associado ao financiamento, no repositório é possível, através do Portal RCAAP, ter acesso à página de projeto onde se pode confirmar a lista de publicações.

Assim, o repositório está dividido em 7 Comunidades & Coleções representativas das instituições que integram o P. Porto. (Figura 4.5).

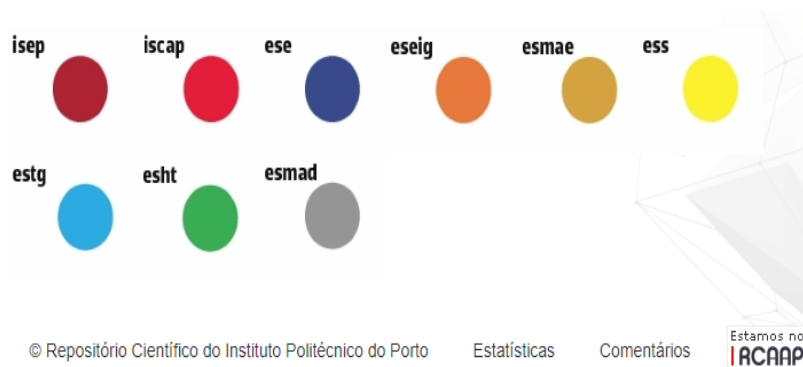






Figura 4.5: Comunidades & Coleções do RECIPP.

Cada comunidade é composta por sub-comunidades que representam os departamentos e os vários grupos de Investigação & Desenvolvimento (I&D) da instituição. No que diz respeito à comunidade ISEP (Figura 4.6), esta divide-se em 21 sub-comunidades, dentro das quais o CIETI (Figura 4.7a). De uma forma geral, cada sub-comunidade está organizada em coleções, com apenas algumas variâncias. O CIETI cataloga a sua informação nas seguintes coleções: Artigos; Comunicações em eventos científicos; Livro, parte de livro, ou capítulo de livro; Outros; Pósteres apresentados a eventos científicos; Provas públicas e Relatórios (Figura 4.7b).



Figura 4.6: Comunidade ISEP no RECIPP.

SUB-COMUNIDADES DA COMUNIDADE		COLEÇÕES DA COMUNIDADE	
	ISEP - BioMark - Sensor Research [78]	ISEP – CIETI – Artigos [217]	
	ISEP - CIDEM - Centro de Investigação em Engenharia Mecânica [159]	ISEP – CIETI – Comunicações em eventos científicos [159]	
	ISEP - CIETI - Centro de Inovação em Engenharia e Tecnologia Industrial [417]	ISEP – CIETI – Livro, parte de livro, ou capítulo de livro [30]	
	ISEP - CISTER - Research Centre in Real-Time Computing Systems [663]	ISEP – CIETI – Outros [2]	
		ISEP – CIETI – Pósteres apresentados a eventos científicos [7]	
		ISEP – CIETI – Provas públicas [0]	
		ISEP – CIETI – Relatórios [0]	

(a) Sub-comunidades do ISEP.

(b) Coleções do CIETI.

Figura 4.7: Sub-comunidades do ISEP (a) e coleções do CIETI (b) (novembro 2020).

É de notar que os valores apresentados nas Figuras 4.6 e 4.7 dizem respeito ao contexto atual, ou seja, a novembro do ano 2020. No capítulo seguinte serão apresentadas figuras semelhantes com valores atualizados a maio de 2021.

Para a atualização do RECIPP são introduzidas, no início de cada ano letivo (1^o semestre), novas entradas nas coleções do CIETI, que resultam das diversas publicações dos membros da equipa referentes ao ano letivo anterior. A lista completa de publicações pode ser consultada através dos Relatório de Atividades Setorial do CIETI, abordados na secção 4.1.2. A Figura 4.8 ilustra o processo de atualização das coleções do CIETI no RECIPP.

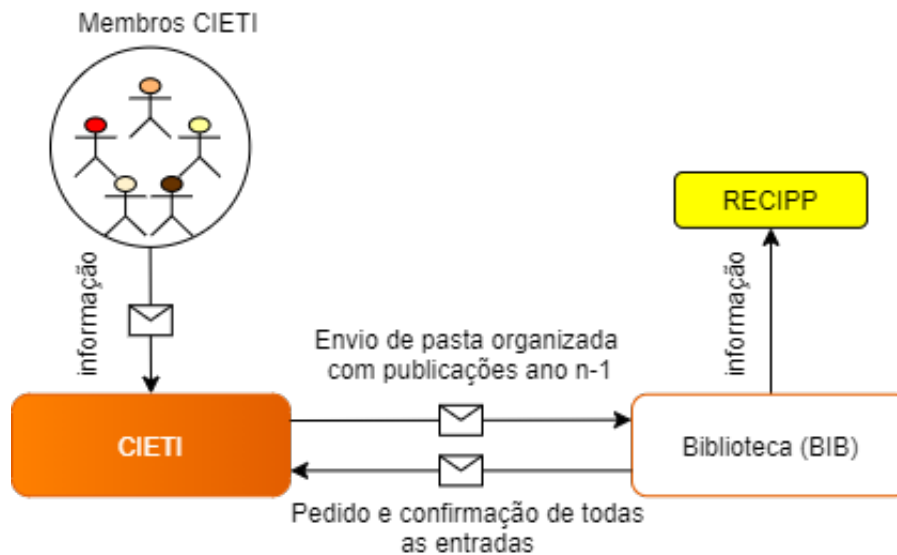


Figura 4.8: Interação CIETI-BIB.

Núcleo do Bolseiro

O NB pertence à DRH e compete, nomeadamente, em: prestar toda a informação relativa ao estudo do bolseiro de investigação, assim como acompanhar o percurso

do bolsheiro na instituição, e assegurar o arquivo de toda a informação referente aos processos de bolsa e realizar ações para garantir o acompanhamento do bolsheiro.

O CIETI recorre ao NB sempre que pretende divulgar um concurso tanto ao nível de um investigador doutorado, auxiliar ou convidado, bem como ao nível de bolsheiros.

Já no processo de seleção, depois de escolhidos os candidatos, o CIETI comunica a sua decisão ao NB, sendo esta responsável por reunir todas as informações necessárias para o processo de contratação, bem como a elaboração do mesmo (depois de assinado por ambas as partes é também assinado pela Presidência do ISEP).

Assim, o fluxo de informação entre o CIETI e a NB pode ser ilustrado através da Figura 4.9.

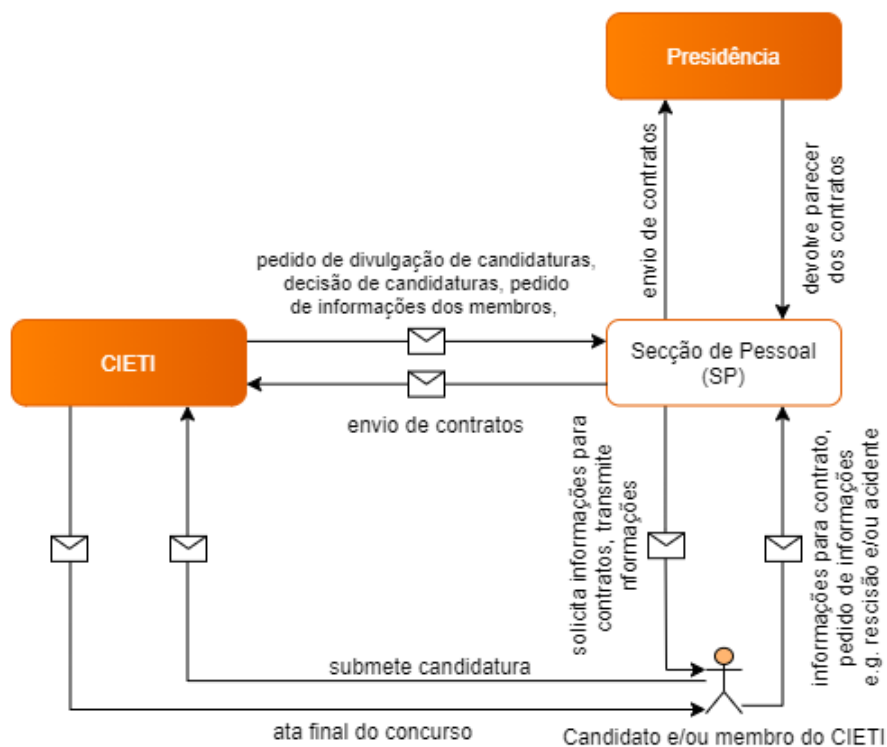


Figura 4.9: Interação CIETI-NB.

Secção de Pessoal

A SP também pertencente à DRH e é um serviço ao qual compete genericamente a gestão de processos e dados de pessoal inerentes à constituição, modificação, suspensão e extinção de relações jurídicas de emprego. Os campos de atuação da SP, bem como os serviços que possui, encontram-se descritos no anexo B.7.

A interação do CIETI com a SP ocorre pontualmente, quando são solicitadas informações pessoais dos membros da equipa (e.g. número de identificação pessoal,

data de nascimento) necessárias para o preenchimento de, por exemplo, inquéritos ou atualizações da equipa.

Na secção 4.1.4 é referida e apresentada esta interação.

4.1.3 CIETI - FCT

Portal de Ciência e Tecnologia

O PCT foi desenvolvido pela FCT com o objectivo de unificar numa única *interface* aplicações de gestão (projectos, unidades, bolsas) e de comunicação com os interlocutores (individuais e colectivos) da FCT, procurando, através dessa unificação, melhorar significativamente a eficiência da dinâmica processual. Os utilizadores colectivos são Unidades de I&D financiadas pela FCT, Laboratórios Associados, ou instituições beneficiárias de projectos, de bolsas e de outros financiamentos atribuídos pela FCT. Os utilizadores individuais que, actualmente, podem aceder são os técnicos gestores de instituições beneficiárias após lhe terem sido delegadas competências pelo responsável da instituição.

O CIETI, como utilizador coletivo, tem acesso a administração de permissões e dados da Unidade (Figura 4.10). Tendo em conta o financiamento base e o financiamento programático da unidade, recorre-se ao PTC na:

- Submissão de listas identificativas das despesas diretas pagas, designadas por pedidos de pagamento, em formulário próprio disponibilizado pela FCT, de acordo com as instruções constantes do Manual de Submissão de Listagens de Despesas;
- Certificação das despesas (esta ação compete aos Revisores/Técnicos Oficiais de Contas (ROC/TOC) ou ao responsável competente no âmbito da Administração Pública (RF) confirmar os elementos identificados nas respetivas Regras de validação da despesa (interação CIETI-GPR);
- Submissão de pedidos de pagamento;
- Apresentação da informação referente ao regime do Imposto sobre o Valor Acrescentado (IVA) e a Contratação Pública das instituições, incluindo regime e processos de contratação.

O portal⁴ é ainda consultado para fazer a gestão de projectos e bolsas.

⁴<https://pct.fct.pt/PortalCT/>



Figura 4.10: Portal de Ciência e Tecnologia (PCT).

Sistema de Informação da FCT

No decorrer do período do financiamento plurianual de Unidades de I&D, o CIETI deve submeter relatórios de progresso anuais (base e programático) e um relatório final para efeitos de acompanhamento e avaliação.

Os Relatórios de Progresso Científico, tal como referido anteriormente (secção 4.1.2), devem descrever de forma breve os trabalhos executados, os resultados obtidos e os desvios ao plano de trabalho proposto ou ao orçamento aprovado. Por outro lado, o relatório final deve descrever de forma detalhada a execução dos trabalhos efetuados no período em causa, bem como as principais contribuições da equipa, devendo discriminar as publicações e outros resultados decorrentes das atividades realizadas [85]. Assim, o CIETI, para submeter os relatórios, recorre ao FCT-SIG através da opção “Projectos de I&D”. As funcionalidades de escolha encontram-se em detalhe no anexo B.11 [86].

Adicionalmente, o CIETI recorre ao FCT-SIG, entre outros processos, para:

- Consultar os resultados de avaliação de candidaturas de projetos e bolsas;
- Gerir o financiamento de projetos por parte do IR;
- Atualizar as equipas de investigação.

No capítulo seguinte é descrito passo-a-passo o preenchimento de um Relatório de Progresso Científico.

4.1.4 CIETI - DGEEC

O CIETI interage com a DGEEC na medida em que participa no estudo das estatísticas oficiais sobre I&D em Portugal, através de resposta ao IPCTN. Este destina-se às Empresas, ao Estado, às Instituições de Ensino Superior e às Instituições Privadas sem Fins Lucrativos (IPSFL). O inquérito é composto por duas partes: a primeira sobre a Unidade e a segunda sobre os recursos humanos com grau académico superior que participaram em atividades de I&D na instituição no ano a considerar (fichas individuais) (Figura 4.11).

Estado das Secções	
Secção I - Identificação da Unidade	Submetida
Secção II - Atividades de Investigação e Desenvolvimento (I&D)	Submetida
Secção III - Recursos humanos com nível de escolaridade não superior em atividades de I&D	Submetida
Secção IV - Despesa intramuros com atividades de I&D	Submetida
Secção V - Despesa extramuros com atividades de I&D	Submetida
Secção VI - Atividades de I&D em biotecnologia	Submetida
Fichas individuais	Submetida
Informação adicional	Submetida

Figura 4.11: Secções do IPCTN2020 [7].

De forma a dar resposta ao inquérito, o CIETI interage com o GPR e com a SP para o preenchimento da primeira e segunda parte, respetivamente.

Neste sentido, o GPR preenche diretamente as informações financeiras da Unidade (secção IV), enquanto a SP e o NB fornecem dados pessoais dos membros (Figura 4.12). No próximo capítulo (secção 5.1.6) é abordado o preenchimento do IPCTN relativo ao ano de 2020.

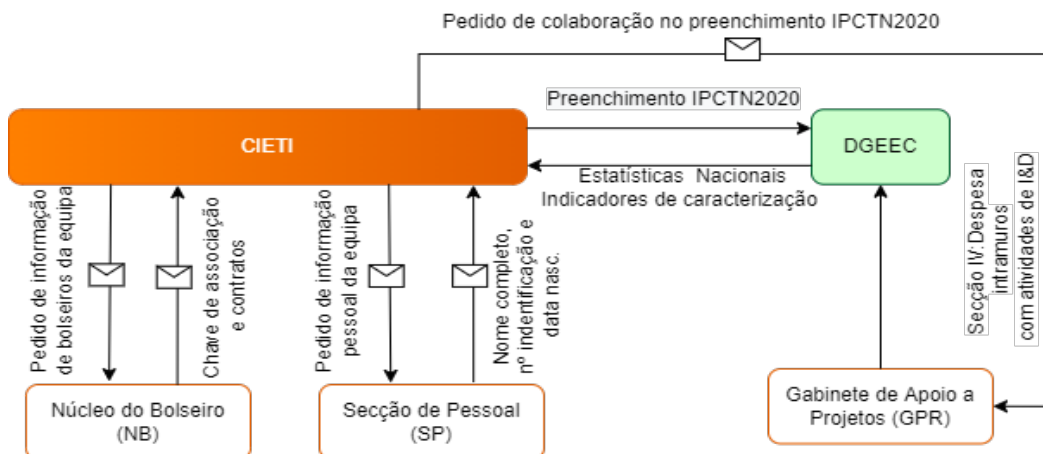


Figura 4.12: Interação CIETI-DGEEC.

4.2 Diagnóstico e Propostas de Melhoria

O diagnóstico organizacional é uma metodologia prática e usada para entender a fundo uma organização; descobrir aquilo que não está a funcionar adequadamente, bem como potenciar ações que aumentem o rendimento do CIETI. Ao se detetar lacunas, entre a situação atual da organização e o que realmente se espera dela, são definidos planos de ação de melhoria, os últimos abordados em detalhe no capítulo seguinte. O diagnóstico realizado diz respeito ao período de novembro de 2020 a abril de 2021. Assim, analisou-se as interações do CIETI com os respetivos núcleos, o ISEP, a FCT e a DGEEC.

Primeiramente, verificou-se na interação CIETI - Núcleos um alinhamento da política organizacional ao nível do Diretor com os Coordenadores dos núcleos, o que revela relações de confiança. Adicionalmente, a comunicação informal está estabelecida numa cultura aberta, o que proporciona a troca de experiências e conhecimentos, aumento da produtividade, procura de soluções, potencia talentos e ainda o envolvimento das pessoas. É de notar que o CIETI é, até à data, o grupo de investigação do ISEP com maior número de membros. Ao estabelecer a comparação de pessoas como ativos de uma organização (os mais valiosos) é seguro afirmar que o CIETI é a Unidade de I&D com mais ativos do ISEP. No entanto assume-se, apenas, como a quarta mais prolífica ao nível de contributos depositados no RECIPP (417 contributos). Adicionalmente, foi identificada a falta de uma plataforma de comunicação que ligasse todos os membros do grupo e na qual se depositasse informação visível e disponível para todos e, na tentativa de suprimir a lacuna, foi proposta a criação do Grupo CIETI na *OneDrive* (secção 5.1.1).

Seguidamente, no que diz respeito à interação CIETI - ISEP, é importante primeiro referir a interação com a Presidência do ISEP. Ao nível da Direção, verifica-se uma interação direta da Presidência com os docentes na medida em que reúne com os Diretores de Curso, com os Diretores de Departamento e ainda com os Diretores dos Centros de Investigação (CI) e Centros de Prestação de Serviço (CPS) (Figura 4.13). Da comunicação, surgem reuniões de planeamento e monitorização em que se destacam as visitas anuais da Presidência às instalações de cada Departamento e de cada Centro de Investigação. Os Cursos não têm local físico, no entanto a interação revela-se importante para o diagnóstico de cada curso, na medida em que são abordadas as vagas e a acreditação de cada um.



Figura 4.13: Interação da Presidência com Diretores.

No que diz respeito à interação com a BIB, verificou-se um atraso de 2 anos na atualização das coleções do grupo no RECIPP referente aos anos de 2019 e 2020. Durante este período, a Unidade não deu conhecimento dos seus contributos à biblioteca, resultando no atraso referido. Dado o volume das contribuições acumuladas, foi proposto auxílio no processo de depósito no repositório. Notar que ao solucionar esta situação, pode-se (ou não) alterar a posição do CIETI no *ranking* das Unidades de I&D mais prolíficas do ISEP.

Segue-se as interações com a SP, NB, GPQ e GPR, nas quais se verifica um fluxo de informação fluente ao nível de todas as atividades descritas anteriormente, destacando-se vários pontos fortes desta comunicação, tais como: a eficiência e eficácia dos serviços face aos pedidos e questões colocados pelo CIETI.

Relativamente à interação CIETI-FCT, esta estabelece-se através de duas plataformas, o PCT e o FCT-SIG. Quanto à segunda, depois da fase de diagnóstico, verificou-se que a lista de membros da equipa se encontrava desatualizada, na medida em que se notou a falta de elementos, bem como a existência de elementos que já não pertenciam à equipa. Assim é proposta a atualização da equipa junto da FCT, através da interação com o SP e o GPR (secção 5.1.3).

Por último, resta a interação CIETI-DGEEC que se revelou, em contexto atual, menor do que o esperado, sendo que esta lacuna de comunicação será colmatada através do preenchimento do IPCTN 2020 (secção 5.1.6).

Por fim, reparou-se que, para além das interações anteriormente descritas, faltou a reflexão sobre uma das mais importantes, que é a interação com o exterior. O CIETI comunica com o exterior através do seu *site* oficial e recebe *feedback* através de *e-mails* ou participações em evento divulgados. Pode ser visto como o reflexo das atividades desenvolvidas e a desenvolver pelo grupo. No contexto atual, notou-se a desatualização, em dois anos (2019 e 2020), deste canal de divulgação ao nível das seguintes páginas: projetos, serviços, investigadores, publicações e conferências. Assim é proposta a atualização do *site*, bem como uma reestruturação das páginas dos investigadores e do lançamento das últimas notícias, o que constituiu duas medidas para potenciar a visibilidade do *site* (secção 5.1.4).

Capítulo 5

Implementação e Discussão de Propostas de Melhoria

No presente capítulo descreve-se a implementação das propostas de melhoria mencionadas no capítulo anterior, de modo a suprimir as falhas e lacunas e a potenciar as mais valias. Assim, divide-se o capítulo em 3 secções: (1) implementação das propostas de melhoria; (2) discussão das propostas e (3) outros trabalhos.

5.1 Implementação das Propostas de Melhoria

Nesta secção é explanada a implementação das propostas de melhoria referidas no capítulo anterior: (1) grupo CIETI na *OneDrive*; (2) atualização do RECIPP;(3) atualização da equipa no FCT-SIG; (4) atualização do *site* do CIETI; (5) relatório de progresso científico; (6) inquérito ao potencial científico e tecnológico nacional 2020.

5.1.1 Criação de um Grupo na *OneDrive*

A falta de uma plataforma de comunicação ligando todos os membros do grupo foi sentida em vários momentos, nomeadamente, quando era necessária a recolha de informações dos membros. Organizar a informação de 68 elementos revelou-se um processo bastante moroso, por isso, de forma a rentabilizar o tempo despendido, foi proposta a criação de um grupo numa plataforma *online*, na qual se depositasse

informação visível e disponível para todos. Para suprimir a lacuna detetada, foi proposta a criação do Grupo CIETI na *OneDrive*, pois reunia um critério único que é o de todos os membros da equipa possuírem um *e-mail* institucional do ISEP (xxxxxxx@isep.ipp.pt) para que fossem adicionados.

A arquitetura concebida para o grupo pode ser visualizada na Figura 5.1, que ilustra as 4 subpastas constituintes do grupo:

- *Contributions 2020-2021* - alocada ao depósito dos ficheiros PDFs dos contributos produzidos pelos elementos do CIETI nos anos 2020 e 2021, resulta do pedido de colaboração para a elaboração dos Relatórios de Progresso Científico e de Atividades Setorial.
- *Member Information* - proposta para reunir os identificadores e fotografias de cada membro, informações necessárias para as atualizações do *site* do grupo e equipas junto da FCT.
- *Meetings* - destinada a ficheiros apresentados nas reuniões gerais do CIETI;
- *Reports* - designada para consulta de todos os Relatórios de Atividades Setorial do CIETI.

Por último, nesta plataforma, existe um sistema de gestão de permissões, através do qual foi definido que os Coordenadores e o Diretor do CIETI possuem acesso total ao grupo e que os restantes membros podem visualizar e editar as pastas anteriormente referidas.

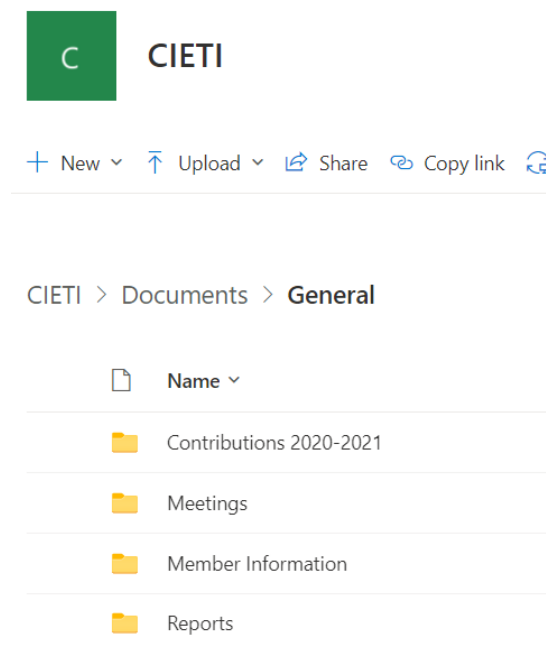


Figura 5.1: Subpastas do grupo CIETI na *OneDrive*.

Adicionalmente à execução deste processo, foi acrescentado um outro que se refere à criação de uma listagem interna da equipa, a qual reúne, num único ficheiro, todas as informações dos membros, tais como: nome completo, sigla, endereço de *e-mail*, tipo/categoria, tipo de bolsa, instituição a que pertence, habilitação literária, núcleo, afetação à equipa, data de entrada e/ou saída na equipa, ORCID *iD*, CIÊNCIA ID e *Google Scholar ID*. Esta listagem é atualizada periodicamente.

5.1.2 Atualização das Coleções do CIETI no RECIPP

Para colmatar a anomalia detetada na interação CIETI - BIB, foi proposta a atualização das publicações em falta referentes aos anos 2019 e 2020, assim como verificadas as entradas de 2018. O processo de atualização das coleções do CIETI está ilustrado na Figura 5.2, onde a Dra. Ana Rebelo representa o responsável do gabinete à data de escrita desta dissertação.

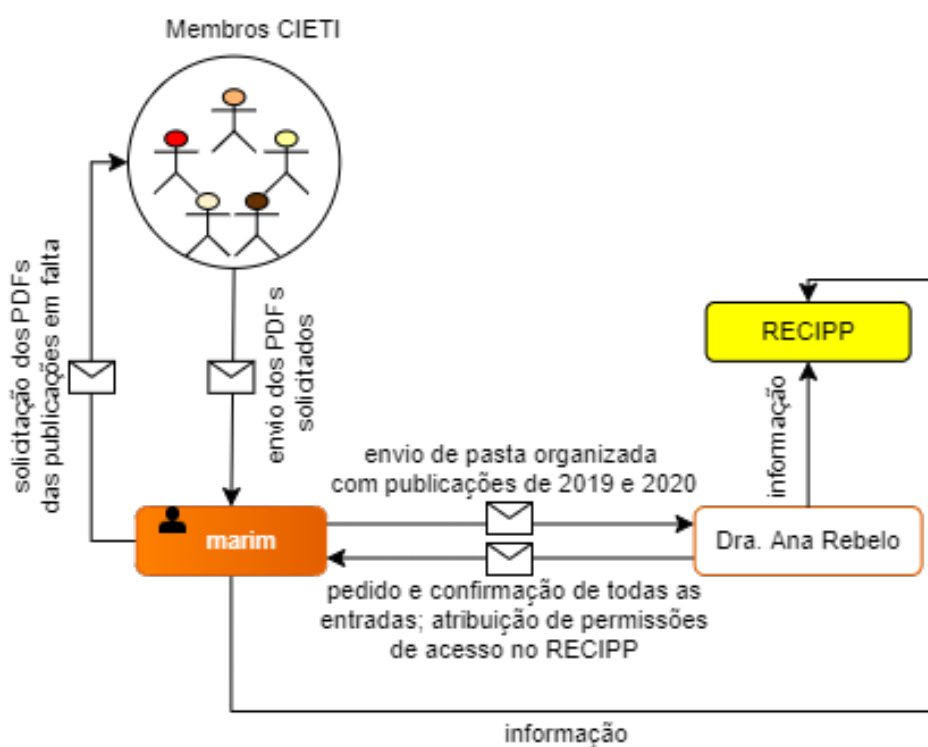


Figura 5.2: Processo de atualização do RECIPP, relativamente à coleção CIETI.

Para tal, propôs-se a elaboração de listas completas, organizadas cronologicamente por tipo de publicação (Artigos em Revistas Internacionais; Artigos em Revistas Nacionais; Comunicações em Ata; Livros e Capítulos de Livros).

Para a elaboração das listas, foi proposta a seguinte metodologia:

1. Requisição dos Relatórios de Atividade Setorial do CIETI referentes aos anos 2019 e 2020;

2. Levantamento dos contributos presentes nos Relatórios de Atividade Setorial;
3. Recolha *online* do ficheiro PDF de cada contribuição ou pedido de colaboração aos autores do ficheiro PDF, caso não estivesse disponível *online*;
4. Organização dos ficheiros PDF por pastas, por tipo de publicação e por ano;
5. Elaboração de uma lista para cada ano com os contributos ordenados por tipo de publicação. Para cada contributo, refere-se: a citação, o(s) departamento(s) afeto(s) e data do fim de embargo, caso o contributo não seja de acesso aberto;
6. Criação de uma pasta para cada ano com a lista e subpastas de cada tipo de publicação.

Os ficheiros PDF foram recolhidos, na sua maioria, através do DOI associado a cada publicação, quando em acesso aberto. Esporadicamente, também se recorreu à plataforma ResearchGate para os obter. Depois de elaboradas, as pastas de 2019 e 2020 foram enviadas para o responsável de gabinete. Normalmente, é o responsável de gabinete quem deposita todos os contributos no RECIPP, no entanto, dado o elevado número de contributos, foi decidido que uma parte dos contributos seriam depositados pelo responsável de gabinete e a outra parte pelo CIETI.

A submissão de um contributo no RECIPP pode ser feita de três modos: Modo de submissão padrão; Procurar por identificador; Carregar ficheiro de referências bibliográficas.

O modo de submissão utilizado, na generalidade dos casos, é o “Procurar por identificador”, onde se insere o DOI da publicação (Figura 5.3).

Nova submissão: obter dados bibliográficos de serviço externo

Form de Procura Resultados

MODO DE SUBMISSÃO PADRÃO

PROCURAR POR IDENTIFICADOR

Introduzir o identificador da publicação(DOI é preferível) e clicar em "Procurar". Uma lista de todas as publicações correspondentes serão mostradas para selecionar, a fim de prosseguir o processo de submissão.

TID da Tese ou Dissertação: DGEEC
e.g. 201002744

DOI (Digital Object Identifier): crossref arXiv.org
e.g. 10.1021/ac0354342

arXiv ID: arXiv.org
e.g. arXiv:1302.1497

Pesquisar

CARREGAR FICHEIRO DE REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Sair

Figura 5.3: Modos de submissão no RECIPP.

Este modo permite importar o registo que resulta no autopreenchimento de campos, nomeadamente, título, nome dos autores, ano de publicação, nome de revista/-jornal/evento e *abstract* (Figura 5.4).



Figura 5.4: Importar dados através do DOI, no RECIPP.

A par disto, foi necessário preencher outros campos, tais como, palavras-chave, local do evento, ORCID do autor, programas de financiamento, tipo de acesso e embargo (caso se verifique). É de notar que no início de cada submissão, para além de ser necessário definir o modo também é necessário seleccionar a coleção do CIETI na qual será feita o depósito (Figura 5.5).

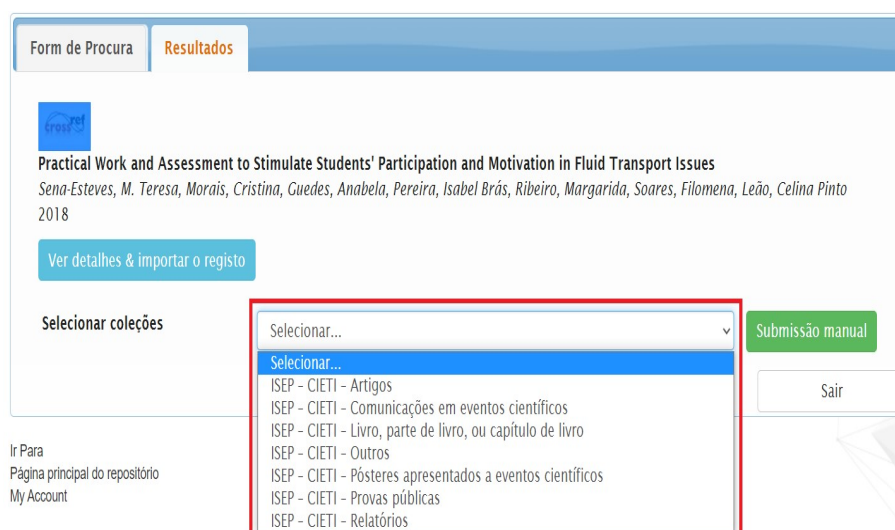


Figura 5.5: Selecionar coleções no RECIPP.




Depois de preenchidos e revistos todos os campos, anexa-se o respetivo ficheiro PDF e a submissão segue para análise do responsável do gabinete. No decorrer

desta análise o depósito é adicionado a outras coleções, pois é importante que o mesmo artigo/comunicação/livro/capítulo de livro surja tanto na coleção do CIETI, como na coleção do respetivo departamento dos autores docentes do ISEP, caso tal se verifique, e.g. na Figura 5.4, a autora Isabel Brás Pereira é docente do Departamento de Engenharia Química (DEQ), pelo que surgirá, na coleção, “DEQ-artigos”.

Desde o início do processo até à sua conclusão foram necessárias 12 semanas de trabalho conjunto.

Relativamente aos resultados obtidos após a implementação da solução apresentada, verificou-se um aumento de 125 contributos, tal como se comprova através da comparação dos valores da Figura 4.7 com os da Figura 5.6.

Através da implementação desta proposta de melhoria, o CIETI tornou-se a 3^a Unidade de I&D mais prolífica do ISEP, subindo uma posição face ao verificado em novembro de 2020.

SUB-COMMUNITIES WITHIN THIS COMMUNITY		COLLECTIONS IN THIS COMMUNITY	
	ISEP - BioMark - Sensor Research [96]	ISEP - CIETI - Artigos [276]	
	ISEP - CIDEM - Centro de Investigação em Engenharia Mecânica [326]	ISEP - CIETI - Comunicações em eventos científicos [210]	
	ISEP - CIETI - Centro de Inovação em Engenharia e Tecnologia Industrial [542]	ISEP - CIETI - Livro, parte de livro, ou capítulo de livro [44]	
	ISEP - CISTER - Research Centre in Real-Time Computing Systems [803]	ISEP - CIETI - Outros [2]	
		ISEP - CIETI - Patentes [2]	
		ISEP - CIETI - Pósteres apresentados a eventos científicos [7]	
		ISEP - CIETI - Provas públicas [0]	
		ISEP - CIETI - Relatórios [1]	

(a) Sub-comunidades do ISEP.

(b) Coleções do CIETI.

Figura 5.6: Sub-comunidades do ISEP (a) e coleções do CIETI (b) (maio 2021).

5.1.3 Atualização da Equipa no FCT-SIG

A FCT pretende implementar até ao final de julho de 2022 o processo permanente de atualização de equipas, em que as Unidades de I&D vão poder registar os movimentos de entradas e saídas de elementos das equipas em tempo real, sendo necessária a confirmação por parte dos investigadores. De forma a que a gestão dos financiamentos atribuídos às Unidades de I&D não seja perturbada, caso haja ao longo do ano registos de entradas e saídas de elementos das equipas, o responsável da Unidade foi informado que deve continuar a comunicar por *e-mail* de acordo com o seguinte procedimento:

1. O GPR envia um pedido de inclusão ou exclusão de elementos da equipa para o endereço atualize.equipas@fct.pt com conhecimento do técnico gestor da FCT, podendo este pedido fazer referência a vários elementos a adicionar ou retirar da equipa. Neste pedido não é necessário colocar em CC o endereço de email dos elementos referenciados;

2. O pedido deverá ser acompanhado por um ficheiro Excel com todos os dados necessários para realizar a inclusão ou exclusão da equipa dos elementos referenciados (Figura 5.7);

3. Do pedido deverá constar a seguinte declaração: “Declara-se que cada Recurso Humano referenciado neste *e-mail* ou nos seus anexos foi informado pela Unidade da sua entrada ou saída da equipa e que o mesmo poderá solicitar a alteração do seu estado e dos seus dados a qualquer momento mediante *e-mail* para a sua unidade, com conhecimento da FCT (atualize.equipas@fct.pt)”.

4. Caso os contratos (bolsa ou trabalho) dos elementos a incluir na equipa sejam financiados ao abrigo do financiamento da Unidade de I&D, deverá ser remetida também cópia do contrato e restante documentação de suporte associada à sua contratação.

Os dados necessários para o preenchimento do ficheiro Excel foram recolhidos junto dos membros em questão. No entanto, durante a realização deste processo, tal como referido anteriormente na fase de diagnóstico, foi aferida outra lacuna no grupo, i.e., parte dos membros não possuíam identificadores, entre eles, o CIÊNCIA ID, necessário para reportar a entrada ou saída da equipa. Assim, paralelamente à atualização da equipa, foi adicionada a tarefa de promover/auxiliar na criação de identificadores no seio da comunidade CIETI. Neste sentido foi divulgado um pedido de colaboração a todos os membros, com instruções para criar três identificadores: o CIÊNCIA ID, o ORCID *iD* e o *Google Scholar ID*, já mencionados na secção 3.3.1.

CiênciaID	Nome completo	Email	Tipo/ Categoria (Investigador, Bolseiro, Contrato de trabalho ou outro)	Tipo de bolsa (se aplicável)	Instituição da UID a que pertence	Habilitação Literária	% de afetação à equipa	Data de entrada na equipa
CiênciaID	Nome completo	Email	Tipo/ Categoria (Investigador, Bolseiro, Contrato de trabalho ou outro)	Tipo de bolsa (se aplicável)	Instituição da UID a que pertence	Habilitação Literária	% de afetação à equipa	Data de saída na equipa

Figura 5.7: Campos de preenchimento para atualizar a equipa junto da FCT.

Revelou-se um processo moroso de mais de 5 semanas em que, no final, os casos de membros sem pelo menos um identificador criado eram residuais.

Na Tabela 5.1 encontram-se os valores percentuais dos investigadores afetos a cada identificador, referentes a dezembro de 2020 e a agosto de 2021. É também notada a diferença entre as percentagens de cada período para cada identificador.

Assim, a equipa foi atualizada com sucesso a 31 de dezembro de 2020, sendo registadas 19 novas entradas e 8 saídas. Esta atividade revela dualidade quanto à sua frequência, pois tanto é considerada programada, quando realizada no início de cada ano civil, como forma de balanço de entradas e saídas de elementos no ano anterior, como também é de cariz pontual quando um grande número de elementos entra na

equipa, como por exemplo, na recente contratação de 3 bolsеiros de doutoramento e 1 investigador doutorado (setembro/outubro 2021).

Tabela 5.1: Análise de identificadores.

	Identificadores			Simultaneidade
	<i>Google Scholar ID</i>	CIENCIA ID	ORCID <i>iD</i>	
dez 2020	36%	62%	93%	30%
ago 2021	39%	93%	99%	39%
Diferença	3%	31%	6%	9%

5.1.4 Atualização do *site* do CIETI

O *site* do CIETI representa o canal principal de divulgação do grupo, sendo o reflexo do trabalho realizado por todos os membros, seja através da página das publicações, como dos prémios de domínio científico, seja através da página designada para apresentação de conferências e eventos.

O processo de atualização do *site* do CIETI, tal como referido anteriormente, é visto como uma ação pontual, na medida em que as suas páginas devem ser alimentadas com regularidade, de modo a manter os visitantes a par de todas as notícias e atividades relacionadas com o grupo. Neste sentido, foi proposta a atualização das páginas de projetos, serviços, investigadores, publicações e conferências, com as informações dos anos 2019 e 2020. A gestão do *site* é assegurada através do CMS Made Simple que é um *Open Source Content Management System*, ou seja, um sistema de gestão de conteúdo de código aberto. O sistema é construído com base em *Hypertext Preprocessor* (PHP) e o *Smarty Engine*, que mantém o conteúdo, a funcionalidade e os modelos separados (Figura 5.8).

Ao aceder a “Conteúdo”, no separador “Páginas”, visualiza-se o “Menu Texto”, que corresponde à estrutura das páginas. Assim, o menu está dividido em 2 submenus, i.e., português e inglês (Figura 5.9). O separador português encontra-se dividido em 11 páginas, sendo que as primeiras 9 correspondem às páginas principais do site: Início, Núcleos, Projetos, Parcerias, Serviços, Investigadores, Publicações, Conferências e Contactos. As duas últimas (1.10 e 1.11) são páginas auxiliares que se encontram desativadas e que não aparecem no *site*. Foi através deste menu que as alterações e atualizações ao *site* foram realizadas. É de notar que ao nível de conteúdos o separador inglês é igual ao português, sendo que a única diferença reside no facto de estar escrito na língua inglesa.



Figura 5.8: Interface CMS Made Simple.



Figura 5.9: Menu Texto das Páginas.

Para a atualização das páginas, foram consultados os Relatórios de Atividades Setoriais do ISEP.

Primeiramente, para a atualização da página Projetos, é consultada, no Relatório, secção 4. “Projetos de Investigação” que está organizada em:

- Candidaturas a projetos de investigação apresentadas no ano em análise;

- Projetos de investigação iniciados no ano em análise;
- Projetos de investigação em curso no ano em análise.

Desta seção foram retiradas as informações: designação, equipa, entidade financiadora, bem como outras instituições/empresas parceiras.

Posto isto, é tomado como exemplo a atualização do *site* quanto ao projeto EXTRATOTECA, que no Relatório de Atividades Setorial 2019-2020, surge como um “projeto em curso no ano em análise” (Figura 5.10).

Depois de inserido na página dos projetos (Figura 5.11a), ao submeter e guardar as alterações realizadas, verifica-se que, na parte superior da página (projetos em curso), a informação já se encontra disponível (Figura 5.11b).

Deste modo, a informação tratada nos Relatórios de Atividade Setorial é transposta para o *site* e organizada em “Projetos em Curso” e “Projetos Finalizados”. No entanto, é de notar que existem projetos que, apesar de surgirem no *site* como “em curso”, à data, já se encontram finalizados, sendo que, situações como esta, foram retificadas.

Designação:	EXTRATOTECA - Extratoteca de Microalgas com Elevado Valor-Acrescentado				
Promotor:	A4F, ALGAFUEL, SA	Início:	Maio/2019	Fim:	Maio/2022
Entidade Financiadora:	POCI - FEDER	Financiamento aprovado [€]:	145.873,15		
Coordenação:	A4F, ALGAFUEL, SA	Coordenação ISEP:	Nídia Caetano		
Parceiros:	A4F, ALGAFUEL, SA; Universidade de Aveiro; Universidade do Minho; Instituto Superior de Engenharia do Porto; Universidade Católica Portuguesa; CIIMAR - Centro Interdisciplinar de Investigação Marinha e Ambiental				
Parceria internacional:	Não	Observações:	SDG2 + SDG9 + SDG12		

Figura 5.10: Projetos de investigação em curso (EXTRATOTECA)
(fonte: Relatório de Atividades Setorial 2019-2020).

Submeter Cancelar Aplicar

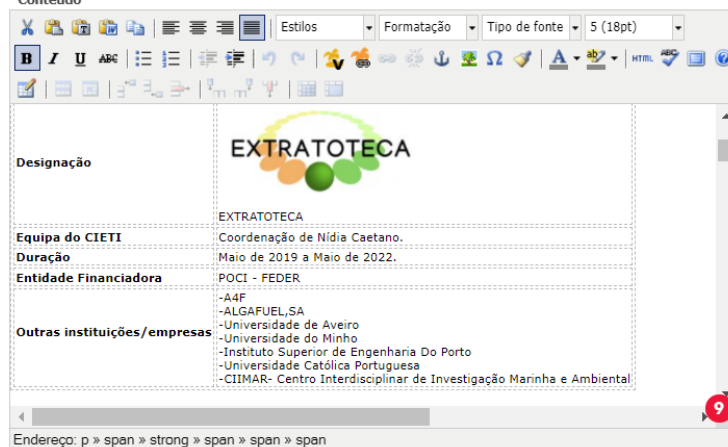
Tipo de Conteúdo:
Conteúdo

*Título:
Projetos

*Menu Texto:
Projetos

Parente:
1. - Português

*Conteúdo



Designação	EXTRATOTECA
Equipa do CIETI	Coordenação de Nídia Caetano.
Duração	Maior de 2019 a Maior de 2022.
Entidade Financiadora	POCI - FEDER
Outras instituições/empresas	-A4F -ALGAFUEL,SA -Universidade de Aveiro -Universidade do Minho -Instituto Superior de Engenharia Do Porto -Universidade Católica Portuguesa -CIIMAR- Centro Interdisciplinar de Investigação Marinha e Ambiental

Endereço: p » span » strong » span » span » span

(a) Inserir EXTRATOTECA na página Projetos.

Projetos em Curso



Designação	EXTRATOTECA
Equipa do CIETI	Coordenação de Nídia Caetano.
Duração	Maior de 2019 a Maior de 2022.
Entidade Financiadora	POCI - FEDER
Outras instituições/empresas	-A4F -ALGAFUEL,SA -Universidade de Aveiro -Universidade do Minho -Instituto Superior de Engenharia Do Porto -Universidade Católica Portuguesa -CIIMAR- Centro Interdisciplinar de Investigação Marinha e Ambiental

(b) EXTRATOTECA *online* na página Projetos [4].

Figura 5.11: Processo de atualização da página Projetos no *site* do CIETI.

Relativamente às Conferências, o processo de atualização é similar ao descrito anteriormente, sendo que as informações extraídas dos Relatórios dão conta das conferências/sessões organizadas por membros do CIETI. Assim, depois de todas as entradas inseridas, a página encontra-se atualizada e organizada em 3 colunas (Figura 5.12). A primeira diz respeito à designação, a segunda ao título completo e a terceira ao logótipo (com hiperligação para a conferência/sessão).

ORGANIZAÇÃO DE CONFERÊNCIAS / SESSÕES		
Special Session VISIR20 @ WEEF • IFEEES • GEDC 2021	VISIR20 Sustainable Virtual Instrument Systems in Reality	
Track 7 @ TEEM2021	Engineering Education: New challenges, new approaches	
Track 12 @ TEEM2021	Lab-based Education	
Track 16 @ TEEM2021	Advances on Sustainable Development in Higher Education	

Figura 5.12: Página *online* das Conferências [4].

Também a página dos Serviços foi atualizada com base na informação presente na secção 3. “Infraestruturas e Equipamentos” (Figura 5.13).

PARCERIAS	SERVIÇOS	INVESTIGADORES	PUBLICAÇÕES	CONFERÊNCIAS	CONTACTOS
PRESTAÇÃO DE SERVIÇOS					
<p>O Centro de Inovação em Engenharia e Tecnologia Industrial dispõe de equipamentos próprios (tabela 1) para análise de diversos parâmetros. Em parceria com os <u>Laboratórios do Departamento de Engenharia Química (DEQ)</u> e com o <u>Centro de Estudos de Águas (CEA)</u>, a prestação de serviços é alargada a outras áreas/parâmetros.</p> <p>No âmbito específico da indústria de óleos/gorduras e biodiesel, o CIETI realiza ensaios de acordo com as normas nacionais e/ou internacionais em vigor, como consta na tabela 2.</p> <p>Para consulta de preços ou para mais informações contactar: cieti@isep.ipp.pt.</p> <p>Tabela 1 - Equipamentos disponíveis no CIETI.</p> <p>Equipamentos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Analisador de área superficial específica de partículas e tamanho de poros (QuantaChrome Nova Series 4200e) - Analisador de gases de combustão (HORIBA PG-250 c/ DATA LOGGER) - Cromatógrafo gasoso com detectores FID e ECD, com injeção automática (DANI 1000) - Cromatógrafo gasoso com detector TCD (DANI 1000) - Cromatógrafo Líquido de Alta Eficiência (LC-40 XR) - Espectrómetro de fluorescência de raios X (OXFORD INSTRUMENTS X-SUPREME 8000) - Espectrofotómetro de ultravioleta e visível (SHIMADZU) - Sistemas de queima - Microcentrífuga e centrífuga refrigerada - Reator pirolítico - Reator de gasificação - Bomba calorimétrica - Crióstato de altas prestações (LEICA CM1860 UV) - Hotte de química 1200mm - Sistema PXI c/ chassis NI PXI-1033 - Sistema PXI c/ chassis NI PXI-1073 - Chassis NI PXI-1033 - Conjunto de placas PSoc tipo CY8CKIT-043 - Placas de desenvolvimento de FPGAs tipo NEXYS4 e ZYBO - Placas de desenvolvimento KNX, Arduino e Raspberry Pi 					

Figura 5.13: Página *online* dos Serviços [4].

Segue-se a página dos Investigadores, organizada numa página de rosto e 4 sub-páginas: Diretor, NEPA, NBIN e LABORIS. A primeira foi totalmente atualizada devido à eleição de nova direção no período descrito; as restantes resultaram da atualização da equipa junto da FCT, onde as subpáginas referentes a cada núcleo foram reestruturadas e passaram a assumir o seguinte modelo:

- Coordenador;
- Investigadores:
 - integrados;
 - colaboradores;
 - contratados;
 - voluntários;
 - visitantes.
- Bolseiros:
 - Bolsa de Investigação/Doutoramento FCT (BI/BD FCT);
 - Bolsa ISEP (quando advém de um projeto).
- Antigos Membros.

A informação para esta atualização advém, na sua maioria, do processo de atualização de equipas da FCT, nomeadamente, o conhecimento das entradas e saídas de elementos da equipa, bem como a criação de identificadores para os membros. Assim, para os novos membros, foi pedida a colocação de uma fotografia na pasta *Member Information* presente no grupo CIETI na *OneDrive*. Depois de recolhidas, foram colocadas nas subpáginas do *site* de acordo com a afiliação a cada núcleo. Ainda sobre os identificadores, foi explorado o potencial da página principal dos Investigadores que outrora detinha hiperligações de reencaminhamento para as subpáginas e foi decidido colocar uma tabela que reunisse o nome de todos os elementos da equipa, bem como *links* diretos para as suas páginas pessoais em cada um dos identificadores (Ciência ID, *Google Scholar ID*, ORCID *iD*), de modo a dar a conhecer a produção e reconhecimento científico de cada membro.

Em penúltimo, segue-se a atualização da página das Publicações, dividida num menu de 6 subpáginas: Artigos em revista; Artigos em atas; Livros/Capítulos de livro; Prémios de mérito científico e Patentes. Cada item está organizado por anos, sendo que as publicações mais recentes surgem no topo de cada página. Também foi tido o cuidado em colocar a hiperligação com o DOI, sempre que possível, em cada publicação.

Para a atualização das primeiras 4 subpáginas, extraiu-se informação dos anexos, uma vez que surgem as publicações em forma de citação, já nas duas últimas, os Prémios são retirados da secção 9. (Prémios de mérito científico) e quanto às patentes, a informação constou na secção 10. (Transferência de Tecnologia) dos Relatórios de Atividade Setorial.

Por último, a página dos Contactos também sofreu pequenas alterações, uma vez que o código postal e o número de telefone do CIETI encontravam-se desatualizados.

Para finalizar, é de referir a contínua atualização da página das “Últimas Notícias”, posicionada no canto superior esquerdo do *site* do CIETI. Foram inseridas várias notícias, em português e em inglês, de forma a manter os visitantes informados das atividades desenvolvidas ou em desenvolvimento do grupo, desde a abertura de bolsas, *calls* para *papers* ou divulgação de eventos, por exemplo, a notícia do dia 13 de maio de 2020, em que foi divulgada a *talk Laboratorios remotos en disciplinas STEM* que contou com a participação de um membro da equipa (Figura 5.14).

Desde o início à conclusão deste processo, foram necessárias mais de 4 semanas de trabalho.

ÚLTIMAS NOTÍCIAS

✓ Geral

Página 1 de 8 > >>

Mai 13, 2021
Deusto International Talks - curso ciencia y tecnologia
Informação / Información / Information
[Mais]

CALENDÁRIO

« Outubro 2021 »

Seg	Ter	Qua	Qui	Sex	Sab	Dom
			1	2	3	
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	31

LIGAÇÕES ÚTEIS

- ✓ ISEP
- ✓ IPP
- ✓ DEQ
- ✓ DEE

APOIOS



[+info](#)
[Inscrição / Formulario de inscripción / Registration](#)
[Voltar](#)

BEM-VINDO

Mai 13, 2021

Deusto International Talks - curso ciencia y tecnologia

[Informação / Información / Information](#)

DEUSTO INTERNATIONAL TALKS Summer School Series

Laboratorios remotos en disciplinas STEM

 Gustavo Alves Instituto Superior de Engenharia do Porto, Portugal	 Javier Garcia Universidad de Deusto España	 18/5/2021
 Carlos Arguedas Universidad Estatal a Distancia Costa Rica	 Unai Hernández Universidad de Deusto España	 16:00 CEST
		 Online
		 Castellano
		 Gratuito

Figura 5.14: Página *online* das Últimas Notícias [4].

5.1.5 Relatório de Progresso Científico

O CIETI, enquanto beneficiário, submete no portal da FCT, para efeitos de acompanhamento e avaliação final, Relatório(s) de Progresso Científico(s) anuais e um relatório científico final, coincidente com o final de um quadrénio.

Os Relatórios de Progresso Científico, a submeter anualmente no portal da FCT, descrevem sucintamente os trabalhos executados, os resultados obtidos e os desvios ao programa de trabalhos proposto ou ao orçamento aprovado. Já o relatório final da atividade científica descreve de forma detalhada a execução dos trabalhos efetuados no período em causa, discriminando as publicações e outros resultados decorrentes do projeto.

Além do financiamento base, as Unidades podem beneficiar de financiamento programático, em função de necessidades específicas. O financiamento programático do CIETI visa principalmente o apoio à contratação de mais recursos humanos, mais equipamento, e verbas adicionais para missões, demonstração, divulgação e promoção. Dado que a atribuição das 4 bolsas de doutoramento, a contratação de um investigador doutorado e a aquisição de uma larga fatia do equipamento foram adiadas para 2021, em função das dificuldades inerentes à pandemia COVID-19, pouco se adiantou no domínio das tarefas enquadráveis no financiamento programático. Note-se contudo a execução das tarefas suportadas pelo financiamento base, que puderam ser executadas, em larga medida, apesar das restrições já referidas.

Uma vez que o CIETI possui os dois tipos de financiamento foi necessário preencher dois Relatórios de Progresso Científicos, um para o financiamento base e outro para o programático.

Aponta-se um claro desvio em relação à planificação normal, pois, conforme indicado em [85], “Os relatórios de progresso e final da atividade científica devem ser elaborados em língua inglesa ou portuguesa e lacrados pelo IR no prazo de 30 dias úteis após a conclusão das atividades de cada ano, e da data final do financiamento (incluindo prorrogação, caso aplicável).” Ou seja, o relatório deveria ter sido pedido e entregue em fevereiro, no entanto, devido à pandemia, o prazo para submissão estendeu-se até 30 de setembro de 2021.

Assim, a metodologia seguida para o preenchimento dos dois relatórios consistiu em percorrer, previamente, todas as secções, de forma a tomar conhecimento do tipo de informação solicitada, permitindo assim um levantamento antecipado dos dados necessários. Neste sentido, foram requisitadas ao GPR informações financeiras da Unidade, paralelamente, foi realizado o levantamento de todas as publicações relativo ao ano de 2020, sustentado pela pasta *Contributions 2020-2021* presente no grupo CIETI da *OneDrive*.

De seguida, indicam-se as instruções de preenchimento específicas de cada secção.

1. Identificação do relatório

Definir data de início e fim, sendo 01-01-2020 e 31-12-2020, respetivamente, para o período considerado.

1.1 Informações do projeto (esta secção já se encontra preenchida).

2. Trabalhos desenvolvidos e desvios à proposta aprovada

2.1. Sumário (em inglês) (esta secção já se encontra preenchida)

2.2 Resumos dos trabalhos

Descrição sucinta das atividades desenvolvidas no período em apreço e dos resultados alcançados. De referir, em concreto, as tarefas que tiveram execução no período a que se reporta o relatório.

2.3. Desvios dos trabalhos face à proposta aprovada

No caso de se terem registado desvios face ao programa de trabalho aprovado, incluindo a sua calendarização, solicita-se a identificação e descrição dos referidos desvios, bem como uma breve justificação para os mesmos.

No caso de se terem observado dificuldades na execução do plano de trabalhos aprovado, solicita-se a identificação e descrição das referidas dificuldades, bem como a forma de as ultrapassar / como foram ultrapassadas.

2.4. Equipa de Investigação

Nesta secção são enunciados os membros da equipa, apenas tiveram de ser confirmados os nomes e datas de entrada e saída. Não se verificou qualquer incoerência.

3. Indicadores

3.1 Quadro de indicadores do projeto

Apontam-se os indicadores do projeto no período a que corresponde o relatório, conforme apresentado no quadro da Figura 5.15.

3.1. Quadro de indicadores do projeto					
Indicadores de realização física	Propostos	Realizado anterior	Realizados	Total realizado	% de execução
A - Publicações					
Livros	0		21	21	n.a.
Artigos em revistas internacionais	0		46	46	n.a.
Artigos em revistas nacionais	0		1	1	n.a.
B - Comunicações					
Comunicações em encontros científicos internacionais	0		38	38	n.a.
Comunicações em encontros científicos nacionais	0		14	14	n.a.
C - Relatórios					
	0		1	1	n.a.
D - Organização de seminários e conferências					
	0		7	7	n.a.
E - Formação avançada					
Teses de Doutoramento	0		2	2	n.a.
Teses de Mestrado	0		7	7	n.a.
Outras	0		0	0	n.a.
F - Modelos					
	0		3	3	n.a.
G - Aplicações computacionais					
	0		0	0	n.a.
H - Instalações piloto					
	0		1	1	n.a.
I - Protótipos laboratoriais					
	0		1	1	n.a.
J - Patentes					
	0		2	2	n.a.
K - Publicações científicas em domínios científicos enquadráveis na RIS3					
	0		49	49	n.a.
L - Patentes EPO					
	0		1	1	n.a.
M - Outros					

Figura 5.15: Quadro indicadores do projeto (Relatório de Progresso Científico Anual da FCT).

Notas para preenchimento da tabela:

1. Instituto Europeu de Patentes (EPO) é a entidade que concede a Patente Europeia para os Estados contratantes da Convenção da Patente Europeia (CPE);
 2. A definição das Estratégias de Investigação e Inovação para uma Especialização Inteligente (RIS3), é um processo de construção coletivo e contínuo que foi tornado obrigatória pela Comissão Europeia, no âmbito da Política de Coesão para 2014-2020, constituindo uma identificação, em cada região, das áreas prioritárias para atribuição de fundos comunitários à Investigação e Inovação.
4. **Publicações e outras ações públicas de disseminação dos resultados do projeto**

4.1. Publicações (opcional)

Nesta secção foram colocadas todas as publicações que possuíam URL (e.g. DOI), uma vez que era um campo de preenchimento obrigatório. São exemplo de publicações válidas as que surgem no excerto ilustrado na Figura 5.16.

4. Publicações e outras ações públicas de disseminação dos resultados do projeto	
4.1. Publicações (opcional)	
Ano	Publicações
2020	N. Cifuentes, S. Ghosh, A. Shongolova, M. R. Correia, P. M. P. Salomé, P. A. Fernandes, S. Ranjbar, S. Garud, B. Vermang, G. M. Ribeiro, and J. C. González, Electronic Conduction Mechanisms and Defects in URL : https://doi.org/10.1021/acs.jpcc.0c00398
2020	António J. N. Oliveira, Jessica de Wild, Kevin Oliveira, Beatriz A. Valença, Jennifer P. Teixeira, Joana R. L. Guerreiro, Sara Abalde-Cela, Tomás S. Lopes, Rodrigo M. Ribeiro, José M. V. Cunha, Marco A. Curado, URL : https://doi.org/10.1002/solr.202000310
2020	Nelma Gomes, Valery Tuchin, Luís Oliveira, UV-NIR efficiency of the refractive index matching mechanism on colorectal muscle during treatment with different glycerol osmolarities, J. Biomed. Phot. & Eng. 6(6): URL : https://doi.org/10.18287/JBPE20.06.020307
2020	Machado, M. & Soares, E. (2020), Reproductive cycle progression arrest and modification of cell morphology (shape and biovolume) in the alga Pseudokirchneriella subcapitata exposed to metolachlor, URL : https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2020.105449

Figura 5.16: Excerto de publicações (Relatório de Progresso Científico Anual da FCT).

4.2. Websites gerados no contexto do projeto (opcional)

Enumerar as URL/endereços dos *sites* criados no âmbito do projeto ou com informação sobre o mesmo, separados por vírgulas.

Nesta secção foram enumerados os seguintes:

<http://educonconference.org/educon2020/index.php>;

<http://www.taee2020.org/>;

<http://www.iceer.net/2020.html>;

<https://2020.teemconference.eu/tracks/engineering-education-technological-professional-learning/>;

<https://2020.teemconference.eu/tracks/advances-sustainable-development-higher-education/>.

4.3. Outras ações públicas (opcional)

Identificação de outras ações públicas de disseminação de resultados do projeto, como sejam conferências, seminários, cursos, filmes, vídeos, programas em rádio e/ou televisão, *newsletters*, etc.

Nesta secção foram colocadas 4 ações públicas: (1) prémio Extraordinário de Doutoramento de Natércia Lima (31-12-2020); (2) estudo liderado por um investigador do CIETI (Luís Oliveira) pode levar a novos diagnósticos do cancro (31-12-2020); (3) organização da conferência EDUCON, liderada no ISEP por um investigador do CIETI (Gustavo Alves) (16-04-2020) e ainda (4) CIETI apoia produção de biocombustível a partir de microalgas e bagaço de cana-de-açúcar (03-16-2020).

5. Ficheiros anexos (opcional)

Neste item poderão incluir-se, se necessário, ficheiros em formato PDF, que tenham sido referidos ao longo do presente relatório, como, por exemplo, gráficos, esquemas e/ou fotografias.

O conjunto dos ficheiros (em número máximo de cinco) ou o arquivo a submeter não poderão exceder 10 MB.

Foram anexados os dois relatórios que dizem respeito às patentes: *Lyophilized fertilizer composition comprising iron siderophore chelates*, *lyophilized composition comprising siderophores, their processes of obtention and uses to treat plants* e Método de criação de janelas óticas de diagnóstico e tratamento em materiais biológicos na zona do ultravioleta.

Notas adicionais: no relatório referente ao financiamento programático, não foram listadas todas as publicações já listadas no relatório referente ao financiamento base, devido ao tempo associado à inserção individual de cada publicação. De qualquer forma, optou-se por repetir os indicadores no quadro 3.1., dado o menor tempo necessário ao seu preenchimento.

5.1.6 Inquérito ao Potencial Científico e Tecnológico Nacional 2020

A metodologia aplicada para responder ao IPCTN consistiu em, antes de iniciar o preenchimento do questionário, percorrer cada uma das secções que o constituem, de forma a tomar conhecimento do tipo de informação solicitada, permitindo assim um levantamento prévio dos dados necessários. Neste sentido, foi requisitada ao GPR informações financeiras da Unidade, enquanto que à SP e ao NB foram solicitados dados pessoais dos membros para preenchimento das fichas individuais. De seguida, indicam-se as instruções de preenchimento específicas de cada secção.

Secção I - Identificação da unidade

Alguma informação solicitada nesta secção encontra-se pré-preenchida, com base na informação detida pela DGEEC decorrente da operação estatística anterior. As unidades devem corrigir (caso se justifique) e/ou completar a respetiva informação.

Secção II - Atividades de Investigação e Desenvolvimento (I&D)

A secção II inquire a situação da Unidade acerca das atividades de I&D e instituições colaboradoras em projetos de I&D. A questão 1 é de resposta obrigatória. A resposta a esta questão é orientadora do preenchimento do resto do questionário. Está prevista a possibilidade da Unidade poder assinalar em simultâneo que “Desenvolveu atividades de I&D”; “Contratou/adquiriu serviços de I&D a outras instituições e/ou empresas” e “Financiou atividades de I&D de entidades externas”. De acordo com a resposta à questão 1 desta secção, deve preencher o questionário segundo o indicado na Tabela 5.2.

Se a Unidade responder “Não desenvolveu, não contratou, nem financiou atividades de I&D” deverá preencher a “Informação adicional” e submeter o inquérito. Uma vez que o CIETI desenvolveu internamente atividades de I&D no ano em análise, esta situação não se verifica.

Tabela 5.2: Atividades de I&D e instituições colaboradoras em projetos de I&D.

Secção II	Secção III	Secção IV	Secção V	Secção VI	Informação adicional	Fichas individuais
Desenvolveu internamente atividades de I&D	Preencher	Preencher	Não se aplica	Preencher	Preencher	Preencher
Contratou atividades de I&D	Não se aplica	Não se aplica	Preencher	Não se aplica	Preencher	Não se aplica
Financiou atividades de I&D	Não se aplica	Não se aplica	Preencher	Não se aplica	Preencher	Não se aplica
Não desenvolveu, não contratou, nem financiou atividades de I&D	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica	Preencher	Não se aplica

Secção III - Recursos com nível de escolaridade não superior em atividades de I&D

A secção III é preenchida com base no número de pessoas com ensino secundário ou habilitação inferior que exerceram atividades de I&D na Unidade em 2020. Deve distinguir entre as funções de técnicos ou equivalente e outro pessoal de apoio e entre:

- a) Pessoal interno: número de pessoas com nível de escolaridade não superior com contrato de trabalho com a Unidade pela qual está a responder ou com a Instituição de Enquadramento da mesma (Universidade/Faculdade/Escola/Hospital, etc.).
- b) Pessoal externo: número de pessoas com nível de escolaridade não superior com contrato de prestação de serviços ou bolseiros pagos pela Unidade ou pela Instituição de Enquadramento da mesma (Universidade/Faculdade/Escola/Hospital, etc.).

Esta secção deve ser preenchida caso a Unidade tenha tido pessoal com nível de escolaridade correspondente ao ensino básico, ao ensino secundário e ao ensino pós-secundário não superior, e.g. Curso de Especialização Tecnológica (CET), afeto às suas atividades de I&D. As Unidades, tal como o CIETI, que não tenham pessoal nestas condições deverão entrar e gravar, assumindo desta forma zero valores nesta secção.

Secção IV - Despesa intramuros com atividades de I&D

Todas as questões da Secção IV são de resposta obrigatória, se a Unidade indicou a opção “Desenvolveu atividades de I&D” na questão 1 da secção II.

A questão 1 inquire o montante despendido com as atividades de I&D executadas na unidade em 2020. É solicitada a distinção entre despesas correntes (com pessoal e outras correntes) e despesas de capital ou de investimento (terrenos, construções e instalações, instrumentos e equipamento). Não deve ser considerado o IVA dedutível, nem o IVA restituído com aquisições de instrumentos, equipamentos e reagentes, realizadas no âmbito da sua atividade de I&D.

O montante da despesa total em I&D da Unidade deve ser repartido pelas respetivas fontes de financiamento (questão 2), tendo o total que corresponder ao total da despesa declarada na questão 1.

Nas questões 3, 4 e 5 deve ser declarada a distribuição da atividade de I&D da Unidade por tipo de I&D, por objetivo socioeconómico e por prioridade estratégica nacional de I&D. Pretende-se que a informação a reportar nestas questões seja uma estimativa que deve refletir tanto quanto possível a realidade.

Secção V - Despesa extramuros com atividades de I&D

As questões 1.1 e 1.2 são de resposta obrigatória se tiverem sido assinaladas as respetivas opções na Secção II. Nos casos em que se aplique, as unidades deverão apresentar um valor superior a zero em pelo menos um dos itens das questões.

A secção V é preenchida com o montante despendido com a contratação e/ou financiamento de atividades de I&D durante o ano de 2020, repartido por tipo de instituição(ões) contratada(s) e/ou financiada(s).

Secção VI - Atividades de I&D em biotecnologia

A questão 1 “A Unidade desenvolveu atividades de I&D, em 2020, na área de biotecnologia?” é de resposta obrigatória para as unidades que declaram desenvolver internamente atividades de I&D (na Secção II). A resposta à questão 1 é “Sim”.

As questões 2 “Técnicas de biotecnologia utilizadas nas atividades de I&D em 2020”, 3 “Áreas de aplicação das atividades de I&D em biotecnologia da Unidade em 2020” e 4 “Percentagem assumida pela biotecnologia nas atividades de I&D na Unidade em 2020” são de resposta obrigatória caso a Unidade responda afirmativamente na questão 1.

Fichas Individuais Encontra-se em anexo (B.12) um exemplo de uma ficha individual em que:

- As questões 1, 2, 6, 9 e 10 são de resposta obrigatória;
- As questões 10.1, 11 e 12 são de resposta obrigatória, caso na questão 10 seja assinalada a opção “Exerceu atividades de I&D ou de apoio direto a I&D”, na questão 10;
- A questão 13 não se aplica, caso sejam assinaladas a primeira ou a segunda opção, na questão 12.

As fichas individuais devem ser preenchidas e/ou atualizadas por todos os indivíduos titulares de diploma do ensino superior afetos a atividades de I&D na Unidade, em 2020, independentemente do tipo de contrato laboral, incluindo bolsiros e outros indivíduos cujo salário esteve a cargo de outra instituição. Se os investigadores executaram atividades de I&D em mais do que uma instituição, devem preencher também a respetiva ficha individual nessas outras Unidades de investigação.

A informação de cada ficha foi pré-carregada com base na informação da FCT, do REBIDES e da inquirição anterior do IPCTN. No entanto, devido à desatualização da equipa no site de informação da FCT, foi necessária a criação de

14 novas fichas, na sua maioria de bolsheiros. Foram preenchidas através das informações solicitadas à SP. Por outro lado, as restantes, já existentes, foram preenchidas por cada titular, que procedeu à atualização dos dados. No final, todas as fichas foram revistas e o inquérito submetido a 15 de abril de 2021.

Assim, o período de duração do processo foi de pouco mais de uma semana e meia, com um esforço de 12 horas para o preenchimento do questionário, uma vez que a quantidade de novas fichas individuais e o preenchimento da secção IV justificam o tempo despendido.

5.2 Análise e Discussão dos Resultados

O fluxo de informação do CIETI é constituído por fontes que já existiam anteriormente e por fontes que foram concebidas e/ou atualizadas durante o período do estudo.

Como fontes já existentes, considera-se o Relatório de Atividades Setorial (referente ao ano 2019/2020) e o Plano de Atividades Setorial do ISEP (referente ao ano 2020/2021). Não obstante, todos os Relatórios e Planos, referentes a anos anteriores foram utilizados e analisados, como por exemplo, para a elaboração do Mapa Temporal dos Projetos do CIETI, referido anteriormente (Figura 3.9). O *site* dos Pedidos de Autorização Eletrónicos, também forneceu informação sobre os diferentes CCs, nomeadamente, sobre a aquisição de novos equipamentos, consulta de contratos em vigor, situação financeira, listagem dos PADs e PARs, entre outros aspetos.

Também a informação do *site* da Unidade de I&D, foi considerada como fonte de informação existente, uma vez que permitiu reconhecer elementos em falta, bem como perceber que o único local em que existia alguma informação específica (e relevante) era no próprio *site*, e.g., as fotografias da equipa.

Foi concebido o grupo CIETI na *OneDrive*, onde são agora inseridas periodicamente informações utilizadas em diferentes momentos do fluxo de informação. Este grupo permite concentrar localmente informação que poderá ser utilizada por diferentes membros do grupo, facilitando o seu acesso.

As fontes atualizadas, já existentes antes do início do estudo, passam pelo RECIPP, o IPCTN20, os Relatórios de Atividades Setoriais (referentes ao período de setembro-dezembro 2020 e ao ano letivo 2020/2021), o Relatório de Progresso Científico (referente ao ano 2020), Plano de Atividades do ISEP (referente ao ano letivo 2021/2022), bem como a Monitorização do Plano de Atividades Setorial do ano letivo anterior. É também realizada a atualização da equipa do CIETI, na plataforma FCT-SIG.

Conhecidos todos os processos do CIETI, afirma-se que estes interagem em momentos específicos, onde um resultado (*output*) é, muitas vezes, considerado como fonte (*input*) para outros resultados.

Tendo em consideração todos os processos mencionados anteriormente e descritos nos Capítulos 4 e 5, reúnem-se todas as condições para elaborar o modelo da gestão do fluxo da informação do CIETI.

Integrou-se no modelo proposto uma análise dos 5W2H, acrónimos em inglês que representam as principais perguntas que devem ser feitas e respondidas ao investigar e relatar um facto ou uma situação, sendo uma análise aplicável a várias áreas, tal como é descrito por Shamoug, Juric e Paurobally em [87]. O acrónimo referencia as perguntas que se iniciam (em inglês) por:

- *Who?* (Quem?) - para o estudo, são considerados o(s) responsável(eis) e intervenientes de cada processo;
- *What?* (O quê?) - consiste na lista dos principais processos;
- *Where?* (Onde?) - corresponde à(s) plataforma(s) onde se realizam os processos;
- *When?* (Quando?) - período em que ocorre cada processo;
- *Why?* (Porquê?) - refere-se à origem dos processos e qual a sua motivação (a resposta a esta questão encontra-se abordada ao longo da dissertação);
- *How?* (Como?) - refere-se aos passos e informações necessários para concluir cada processo;
- *How much?* (Quanto?) - mede o esforço de cada processo.

O mapa conceptual presente na Figura 5.17 responde às questões anteriormente descritas e demonstra, para o período de janeiro - dezembro do ano n , o fluxo de informação do CIETI.

Relativamente à questão *How?*, segue uma análise mês a mês do modelo apresentado. No modelo apresentado também se considera m como sendo o ano letivo, que finda a agosto do ano n .

Em janeiro, através do grupo CIETI na *OneDrive*, inicia-se a recolha dos contributos e respetivos documentos, referentes ao período de setembro - dezembro do ano $n - 1$, bem como das fotografias e identificadores dos membros em falta. A informação relativa aos contributos é usada para a realização do Relatório de Atividades Setorial do período setembro - dezembro, do ano $n - 1$.

Em fevereiro, ocorre a atualização da equipa do ano $n - 1$, tendo por base as informações da listagem interna da equipa e do grupo CIETI, na *OneDrive*, através da comunicação com o GPR. Desta ação, surge a atualização da página dos núcleos de investigação, no *site* do grupo.

Em março, a pedido do GPQ, é realizada a monitorização do Plano de Atividades, referente ao primeiro semestre do corrente ano letivo (m). Para realizar este processo, é necessária a comparação da informação do Plano de Atividades Setorial do ISEP do mesmo ano letivo (m), entregue no fim do ano letivo anterior ($m - 1$), com a informação do Relatório de Atividades Setorial, referente ao período setembro - dezembro do ano $n - 1$. Adicionalmente, é consultada o *site* dos Pedidos de Autorização Eletrónicos. Ainda neste mês, é elaborado o Relatório de Progresso Científico do ano $n - 1$. Para tal, são recolhidas informações do Relatório de Atividades Setorial de setembro-dezembro do ano $n - 1$ e do Relatório de Atividades Setorial do ano letivo anterior ($m - 1$), bem como solicitado o ficheiro de Execução Financeira da Unidade, através do GPR.

Em abril, ocorre a atualização do RECIPP, sendo recolhidas informações do Relatório de Progresso Científico do ano n e do grupo na *OneDrive* que são enviadas à BIB. Também é realizada a resposta ao IPCTN, relativo a $n - 1$, o qual necessita de informações da listagem interna da equipa ou da atualização realizada em fevereiro anterior. Ainda para o inquérito, são requisitadas ao GPR informações financeiras da Unidade, enquanto que à SP e ao NB foram solicitados dados pessoais dos membros.

Em maio são atualizadas as páginas das Publicações, Serviços e Investigadores do *site* do grupo, tendo por base a informação recolhida do Relatório de Progresso Científico e do IPCTN, referidos anteriormente.

Em junho, a pedido do GPQ, decorre o preenchimento do Plano de Atividades do ano letivo ($m + 1$), que servirá como fonte de informação para a monitorização do mesmo. Tal acontecerá em março do ano $n + 1$.

Em julho ocorre a reunião geral do CIETI, onde é apresentada informação válida à data, é discutido o Plano de Atividades Setorial para o ano letivo seguinte ($m + 1$), é referido e antecipado o Relatório de Atividades Setorial relativo a ano letivo m , e ainda é abordado o Relatório de Progresso Científico ($n - 1$) no âmbito da Execução Financeira de $n - 1$, onde se realiza a monitorização da mesma, mas para o ano n e são corrigidos os desvios.

O mês de agosto destina-se a férias.

Em outubro é elaborado o Relatório de Atividades Setorial do corrente ano letivo (m). Para tal, é usado o Relatório de Atividades Setorial referente ao período de setembro - dezembro do ano $n - 1$ como base, sendo completado com informações recolhidas no grupo na *OneDrive*. O Plano de Atividades do presente ano letivo, bem como a sua monitorização, também são analisados na realização deste relatório. Este, será a base do Relatório do Progresso Científico para o período de janeiro - dezembro do ano n . Este elemento é enviado para o GPQ.

Em dezembro ocorre a segunda reunião anual do CIETI, onde são discutidos o Plano e Relatório de Atividades do ano m , o Plano de Atividades $m + 1$, é feito o resumo do 3º quadrimestre de ano n ao nível dos doutoramentos, bolsas,

equipamentos, etc., assim como é abordada a candidatura a projetos FCT. Ainda neste mês ocorre a atualização do *site* do grupo ao nível dos resultados de janeiro - dezembro do ano n , dos equipamentos e da constituição da equipa, através do Relatório de Atividades Setorial do ano letivo m e da listagem interna da equipa.

É de notar que, entre os períodos em que o *site* é atualizado (ações programadas), são inseridas, adicionalmente, informações sempre que se justifique (ações pontuais), de forma a dinamizar o *site*. A atualização da listagem interna da equipa, da equipa na FCT-SIG, bem como a do grupo CIETI, na *OneDrive*, segue um comportamento idêntico ao *site*, dado que, caso se verifique a admissão de um número considerável de novos membros, justifica-se, assim, inserir as novas informações nos quatro locais.

Por fim, responde-se à última pergunta da análise dos 5W2H (*How much?*). Contrariamente às respostas anteriores, esta não se debruça sobre o modelo proposto, uma vez que ainda não existem dados que sustentem a abordagem escolhida. Assim, são analisados os processos que decorreram no período deste estudo, no ano de 2021.

Os processos que não estão definidos no tempo não foram considerados nesta análise, i. e., a atualização do grupo da *OneDrive*, a atualização da listagem interna da equipa, a atualização do *site* do CIETI e os PADs. No entanto o processo de atualização inicial do *site* da Unidade foi considerada por se tratar de um processo inicial, com investimento de um longo período de tempo. Assim, foram considerados os seguintes processos:

- Relatório de Atividades set - dez 2020;
- Monitorização do Plano de Atividades Setorial do CIETI - 1.º semestre de 2020/2021;
- Plano de Atividades do CIETI 2021/2022;
- Atualização da Equipa FCT 2020;
- Relatório de Progresso Científico 2020 da FCT;
- Relatório de Atividades Setorial do CIETI 2020/2021;
- IPCTN 2020;
- Coleções do RECIPP 2019 - 2020;
- *Website* CIETI.

Para responder à pergunta “Quanto?” é realizada uma análise de esforço em que são considerados: o número de pessoas (pa_x); o prazo de entrega (p_e); as datas de início (d_i) e de fim (d_f) e o desvio (em dias) entre as datas do prazo e de fim do processo.

De forma a calcular apenas os dias úteis, da duração de cada processo, recorre-se à função DIATRABALHOTOTAL do Excel. Esta função tem como parâmetros a data inicial (d_i) e a data final (d_f). Deste modo, o cálculo da duração total (em semanas), d_t , tem em conta que cada dia corresponde a 8 horas de trabalho, o que perfaz o total de 40 horas semanais. Assim, o valor de d_t de cada processo é obtido através da seguinte equação:

$$d_t = (d_f - d_i) \cdot \frac{8}{40} \quad (5.1)$$

Em que:

- d_f - data de fim do processo;
- d_i - data de início do processo.

O esforço de cada processo, f , é medido segundo a métrica *peçoas·semanas* e é calculado de acordo com a seguinte equação:

$$f = pax \cdot d_t \quad (5.2)$$

Em que:

- pax - número total de pessoas com intervenção direta para a conclusão do processo;
- d_t - duração total.

O esforço é calculado através da multiplicação do número de pessoas envolvidas diretamente no mesmo processo, pela duração total (em semanas) do mesmo.

Assim, f , traduz quantas semanas demora uma pessoa a concluir cada processo. Os resultados obtidos para o cálculo do esforço traduzem-se nos valores apresentados na Tabela 5.3.

Através da análise dos resultados obtidos, verifica-se que, para cada processo, é calculado: o *desvio*, a duração total (Equação 5.1) e o esforço (Equação 5.2).

O desvio representa um indicador de desempenho que se traduz na eficácia de realização de cada processo. Mede os dias úteis de avanço (positivo) ou atraso (negativo) desde o prazo de entrega em relação à data final do processo. Por exemplo, ao analisar o processo de resposta do IPCTN2020, nota-se um avanço de 6 dias na sua submissão. Em contrapartida, comprova-se um atraso de 13 dias na submissão do ficheiro da atualização da equipa na FCT, pelo que se conclui que foi um processo pouco eficaz.

O processo de atualização da equipa na FCT resulta num esforço de 1 pessoa·5,8 semanas. Este esforço elevado, pode ser explicado pela falta, por parte dos elementos da equipa, do identificador CIÊNCIA ID, requisito obrigatório da FCT para identificador o membro a entrar/sair na equipa.

Tabela 5.3: Esforço dos processos do CIETI.

<i>How much?</i>							
<i>Processos</i>	<i>pax</i>	<i>p_e</i>	<i>d_i</i>	<i>d_f</i>	<i>desvio</i>	<i>d_t</i>	<i>f</i>
Rel. Ativida. set-dez 2020	2	29/01	18/01	10/02	-8	3,6	7,2
Monito. Plano Ativida. CIETI - 1.º semestre 2020/2021	1	15/03	13/03	16/03	-1	0,4	0,4
Plano Ativida.CIETI 2021/2022	5	14/06	01/06	15/06	-1	2,2	11
Atualização Equipa FCT 2020	1	22/02	01/02	11/03	-13	5,8	5,8
Rel. Progresso Cient. 2020	3	30/09	09/09	28/09	2	2,8	8,4
Rel. Ativida. CIETI 2020/2021	5	08/10	24/09	12/10	-2	2,6	13
IPCTN2020	2	15/04	27/03	07/04	6	1,6	3,2
RECIPP 2019-2020	2	14/04	08/02	30/04	-12	12,0	24
Site CIETI	1	26/02	21/01	23/02	3	4,8	4,8
Total						35,8	77,8

Ao analisar a atualização do RECIPP, conclui-se que foi o processo com maior esforço (2 pessoas·12 semanas). Isto deveu-se à falta de preenchimento, em dois anos, das coleções do CIETI. Realizado por duas pessoas, este processo, apresenta um desvio negativo de 12 dias, face ao prazo previsto. Durante este período ocorreu a sobreposição de vários processos. Entre os processos sobrepostos, a atualização do RECIPP foi relegada para segundo plano, pois existiam outras prioridades com prazos definidos por organismos externos. Adicionalmente, decorreram as férias da Páscoa que influenciaram na duração do processo.

Por fim, verifica-se que a conclusão dos processos em análise traduz-se na duração total de 35,8 semanas, tendo em conta o número de pessoas intervenientes em cada processo. No entanto, é de notar que, se houvesse apenas uma pessoa responsável pela execução de todos os processos, isso iria refletir-se num esforço total de 77,8 semanas.

Conclui-se que os processos que necessitaram de dados atualizados da equipa, i. e., identificadores, data de entrada, data de saída, contratos, habilitação, afetação ao grupo e contributos/indicadores do grupo, foram aqueles que apresentam valores de desvio negativos.

5.3 Outros Trabalhos

Os estudos efetuados pelo CIETI e os documentos que deles advêm (*papers*, ficheiros, etc.) podem servir de base de apoio para o desenvolvimento de novos projetos de outros membros do grupo. Assim, nesta secção são abordados dois trabalhos relacionados com a análise bibliométrica. O primeiro está relacionado com a criação de

uma base bibliográfica sobre o *Virtual Instruments Systems in Reality* (VISIR). O segundo surgiu mais tarde, tendo em conta o trabalho desenvolvido e conhecimento adquirido nesta temática, referente à evolução temporal da *Global Engineering Education Conference* (EDUCON).

5.3.1 Base Bibliográfica VISIR

No âmbito dos laboratórios remotos, foi dado suporte na criação de uma base bibliográfica sobre o VISIR. O objetivo deste trabalho foi fazer uma base bibliográfica o mais completa possível que estivesse disponível e acessível para toda a comunidade VISIR e não VISIR. A iniciativa VISIR surge de um projeto de laboratórios remotos iniciado no *Blekinge Tekniska Högskola* (BTH) em 1999 e liderado por Ingvar Gustavsson. Em 2015, o VISIR conquistou o prêmio “*Best remote-controlled laboratory*”, na 1ª edição do *Global Online Laboratory Consortium* (GOLC). Em 2018, Ingvar Gustavsson recebeu (*postmortem*) o Prémio SEFI Francesco Maffioli pela *European Society for Engineering Education* (SEFI). Atualmente, existem cerca de 20 laboratórios VISIR instalados na Alemanha, Argentina, Austrália, Áustria, Brasil, Costa Rica, Geórgia, Índia, Marrocos, Portugal, Espanha, Suécia e Estados Unidos. Nos últimos 20 anos, este laboratório remoto foi utilizado por mais de 20.000 alunos, 500 turmas, 100 professores. O VISIR também foi objeto de diversas teses de doutoramento e mestrado na Argentina, Brasil, Espanha e Suécia [88].

Para realizar a análise bibliométrica de todos os artigos disponíveis relacionados ao VISIR, foi seguida uma metodologia composta pelas seguintes etapas, baseada no procedimento descrito por Zappatore, Longo e Bochicchio [89]: recuperação de dados, agregação de dados, pré-processamento e análise. Os dados foram agregados através de um *software* de gestão de referências, tendo sido selecionado o Mendeley [90] para o efeito.

No âmbito do trabalho desenvolvido foi redigido um artigo científico, i.e. *The comprehensive VISIR bibliographical reference* [91], no qual se apresenta a base de referências bibliográficas completa do VISIR, permite identificar a evolução das publicações ao longo do tempo, os autores mais prolíficos e suas redes, os principais tópicos de pesquisa, as fontes mais frequentes, bem como uma análise dos documentos mais citados. Os resultados disponíveis mostraram uma rede colaborativa madura e em evolução e uma tendência de expansão que permite prever que VISIR não é apenas a fonte de muitas publicações académicas e de pesquisa aplicada, mas também um laboratório remoto popular e em expansão [92].

A partilha da base bibliográfica com a comunidade VISIR e não VISIR pode ser feita de dois modos:

1. admissão de um novo membro ao grupo existente no Mendeley (Figura 5.18);

- partilha do ficheiro exportado do Mendeley nos formatos BibTex, EndNote XML, Microsoft Word ou RIS.

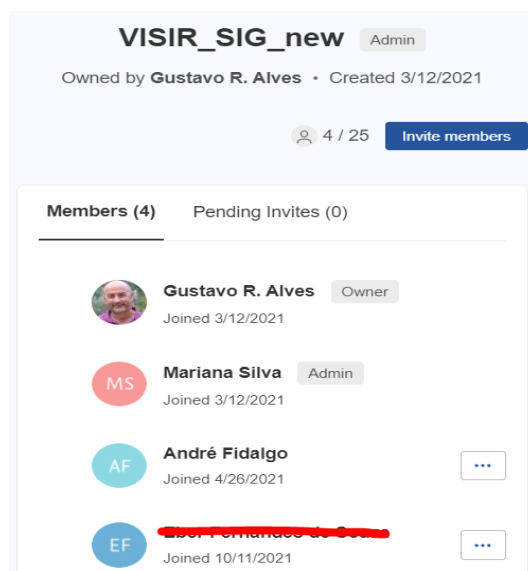


Figura 5.18: Grupo VISIR no Mendeley.

5.3.2 Análise Bibliométrica EDUCON

Adicionalmente, relacionado com a área de análise bibliométrica e, tendo em conta o trabalho desenvolvido e conhecimento adquirido nesta temática, surge a participação num outro artigo referente à evolução temporal da EDUCON.

O âmbito do artigo, que tem por base o procedimento descrito por Costa, Moura e Alves em [93], é aferir conclusões acerca das edições de 2020 e 2021 que dizem respeito à fase pandémica da COVID-19. Assim, foi atualizada a base de dados do artigo *A bibliometric analysis of 10 years of EDUCON (2010-2019)* [93] com os valores correspondentes aos anos de 2020 e 2021.

O processamento dos dados ainda se encontra em curso. No entanto, a informação referente a este estudo está atualizada até ao momento da redação desta dissertação e encontra-se disponível no grupo CIETI, na *OneDrive*.

Verifica-se, novamente, o carácter contínuo dos estudos desenvolvidos no CIETI, dado que a análise realizado tem por base dados e documentos já existentes e, adicionalmente, toda a informação da mesma, já se encontra disponível e passível de ser utilizada como base de outros estudos, promovidos pelo CIETI.

Capítulo 6

Conclusões

O capítulo apresentado está dividido em duas secções: (1) as considerações finais e (2) os trabalhos futuros da dissertação.

6.1 Considerações Finais

O estudo apresentado teve como objetivo principal caracterizar o fluxo de informação do CIETI. Por se tratar de um grupo de investigação e de desenvolvimento multidisciplinar do ISEP com mais de 10 anos de existência, conferiu dimensão para ser objeto de estudo desta dissertação.

Todos os tipos de programas de educação precisam de trabalho contínuo para desenvolver a qualidade e garantir que os objetivos sejam cumpridos. A estrutura CDIO oferece uma abordagem sistemática para tal. Pode ser visto como um “bom senso estruturado”, onde as diferentes questões e aspetos sempre estiveram em discussão quando se trabalha com programas de educação.

Realizou-se, em primeiro lugar, uma revisão de literatura (Capítulo 2), em que o fluxo de informação é uma parte essencial para que a evolução ocorra, dado que a inovação necessita da aplicação de novos saberes ou de uma nova utilização ou conjugação dos saberes existentes. A gestão da informação revela-se como a disciplina que examina a informação como uma estrutura de recurso, e inclui definições, aproveitamentos, valor e repartição de todos os dados e esclarecimentos dentro uma estrutura, organizada ou não por computador. De igual forma, avalia os tipos de dados/informações necessários para o funcionamento e progresso eficaz.

Relativamente à abordagem CDIO, como uma *framework* de aprendizagem, é bastante evidente quando utilizada em percursos e projetos que têm um elevadíssimo nível de componentes práticos de engenharia, tais como o *software* de desenvolvimento ou um produtor físico ou protótipo. Todavia, em numerosos programas de engenharia, uma grande percentagem dos cursos aborda aspetos de gestão, nomeadamente gestão de projetos, direção, *marketing*, inovação e iniciativa empresarial, principalmente em anos subseqüentes de um programa.

Este estudo apoiou-se na abordagem CDIO de forma a mapear ações a tomar na gestão do fluxo da informação do grupo. Como ações de conceção tem-se o resultado desta dissertação - o mapa conceptual da gestão do fluxo da informação do CIETI; inclui-se como ações de projeto a criação da base de dados VISIR; como ações de implementação tem-se a exploração da ferramenta *OneDrive* através da criação do grupo CIETI; por fim, consideram-se as ações de operacionalização, que reúnem vários processos relativos à Unidade (e.g. a atualização do *site*, elaboração do Relatório de Progresso Científico, Relatórios e Planos de Atividades Setorial do ISEP, atualização das coleções do RECIPP e resposta ao IPCTN).

Depois de realizado todo o levantamento dos processos pelos quais o CIETI se rege (Capítulos 3, 4, 5), cada um deles, seja de produção ou de suporte, é coordenado pelos três núcleos do grupo (NEPA, NBIN e LABORIS), por um ou vários elementos aos quais são delegadas funções mais atomizadas em que se decompõem os processos; conclui-se que nas entidades de menores dimensões (i.e., com um menor número de actividades em simultâneo e com um número menor de elementos), vários processos podem ser coordenados e executados por apenas um elemento.

Conclui-se, ainda, que o modelo de gestão do fluxo da informação apresentado vai ao encontro de várias premissas do grupo, correspondendo aos critérios de avaliação da FCT (e.g. Relatório de Progresso Científico) e aos do ISEP (e.g. Relatórios e Planos de Atividades Setorial), pelo que seria, facilmente, adaptável para grupos com características idênticas.

A competitividade é a característica cada vez mais desejável num CID como parceiro a concorrer numa proposta de financiamento. Por outro lado, e também devido à crescente competição, a obtenção de financiamento torna-se cada vez mais difícil. Além disso, os espaços temporais entre oportunidades de financiamento muitas vezes conduzem a uma falta de fundos que põe em risco a continuidade do próprio CID. Assim, o modelo de gestão do fluxo da informação do CIETI, pode conduzir a uma melhor transferência de tecnologia, através, por exemplo, da manutenção contínua do RECIPP e do *site* do grupo, assim como o aumento do rendimento de conhecimento gerado.

Para finalizar, os hábitos organizacionais são uma parte da cultura da organização e refletem ações e comportamentos emitidos, com regularidade, pelos membros. Através da análise 5W2H, verifica-se atrasos nas entregas/submissões de processos

que dependiam de contributos da equipa. Conclui-se, pois, que existem lacunas nos hábitos organizacionais de membros do CIETI. Estima-se que, através da definição dos momentos concretos de solicitação de contributos e informações da equipa, proposto pelo modelo, seja promovida a diminuição dos atrasos.

Este modelo apresenta algumas limitações, na medida em que não contempla relatórios e/ou outros processos característicos de um ano específico, como é exemplo, o Relatório Final da FCT, entregue 30 dias consecutivos após a conclusão do projeto de financiamento, o que apenas ocorre de quatro em quatro anos (duração típica¹ dos projetos).

Apesar das limitações identificadas, e de outras que podem ser apontadas, o estudo realizado permitiu a elaboração do modelo de gestão do fluxo da informação do CIETI.

6.2 Trabalho Futuro

Futuros desenvolvimentos do estudo realizado compreendem a leitura da abordagem CDIO, que sustenta a conceção do modelo de gestão do fluxo da informação no CIETI, numa perspectiva *top-down*, ou seja, do topo para a base. Assim, seria possível obter uma validação do modelo através da leitura convencional/tradicional do CDIO.

Outros desenvolvimentos possíveis traduzem-se na divulgação e avaliação do modelo no seio da sua comunidade e junto de órgãos dirigentes de outros centros de investigação do ISEP. Assim, permitiria recolher sugestões de melhoria e outras críticas de modo a tornar o modelo mais eficiente e adaptável à exigência de outros grupos.

Uma revisão permanente consiste em manter o modelo atual em termos de técnicas de gestão, sem que haja alterações de fundo ao modelo. Um crescimento das entidades traz, frequentemente, uma maior necessidade de normalização de processos e muitas vezes a aplicação de sistemas de informação e/ou gestão informatizados e potencialmente complexos.

Um possível desenvolvimento para o CIETI seria a criação de uma base de dados *online* para inserção automática das informações de novos colaboradores, tornando este processo, de integração na equipa, mais fácil e eficaz, com a garantia de que a informação estaria sempre disponível e centralizada.

Nesta dissertação não foi analisada a lacuna na dinâmica dos PADs e PARs, onde a informação relacionada está dispersa, o que dificulta e prejudica o desempenho da Unidade de I&D. Para colmatar essa “falha”, propor uma reestruturação do *site* de Pedidos de Autorização de Eletrónicos, auxiliaria na gestão financeira do CIETI e, conseqüentemente, no desempenho do grupo.

¹Prorrogável, no máximo, por mais um ano (ou outro período estabelecido em aviso de abertura de concurso), em casos devidamente justificados e quando solicitado antes do termo da duração inicialmente autorizada.

Por fim, no modelo da gestão do fluxo da informação no CIETI, não é referenciada a Unidade de Acompanhamento enquanto órgão de direção, devido à recente aprovação dos estatutos. Esta Unidade manifesta a sua opinião que diz respeito aos Relatórios e Planos de Atividades Setoriais do CIETI. Assim, seria interessante destacar e evidenciar o seu papel no modelo mencionado.

Referências

- [1] J. C. Monsalve, A. Uribe, J. A. Cardona-Gil, M. Osorio, C. A. Hincapie, and C. A. Isaza, “Development of an automatic control system employing cdio standards and competence-based learning,” *2016 15th International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training (ITHET)*, pp. 1–7, 2016. [Citado nas páginas ix e 4]
- [2] A. Bonifacio and F. Gomes, “Modelos orientados a estado na especificação de software,” *Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas*, vol. 25, 12 2004. [Citado nas páginas ix, 11 e 12]
- [3] “Worldwide CDIO Initiative,” 2021. [Citado nas páginas ix, 14, 15 e 18]
- [4] Centro de Inovação em Engenharia e Tecnologia Industrial (CIETI). <http://www.cieti.isep.ipp.pt/>. Acedido: 2021-05-01. [Citado nas páginas ix, x, 22, 36, 63, 64 e 66]
- [5] Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP). <https://www.isep.pt/>, 2021. Acedido: 09-05-2021. [Citado nas páginas ix e 26]
- [6] Portal do Instituto Superior de Engenharia do Porto. <https://portal.isep.ipp.pt/>, 2021. Acedido: 2021-05-09. [Citado nas páginas ix e 28]
- [7] DGEEC, “IPCTN - Inquérito ao Potencial Científico e Tecnológico Nacional 2020.” <https://ipctn.dgeec.mec.pt/>. [Citado nas páginas ix e 50]
- [8] H. Pereira, “Aviso para Apresentação de Candidaturas: projetos em todos os domínios científicos,” tech. rep., 2021. https://www.fct.pt/apoios/projectos/concursos/ICDT/docs/ICDT_AAC_2021.pdf. [Citado nas páginas xi, 30 e 31]
- [9] L. D. Xu, E. L. Xu, and L. Li, “Industry 4.0: State of the art and future trends,” *International Journal of Production Research*, vol. 56, no. 8, pp. 2941–2962, 2018. [Citado na página 1]
- [10] M. d. P. N. de Sousa, “Abordagem inter e transdisciplinar em ciência da informação,” in *Para entender a Ciência da Informação* (L. M. B. B. Toutain, ed.), ch. 3, pp. 75–90, Salvador: EDUFBA, 2007. [Citado na página 7]
- [11] M. Castells, “O espaço de fluxos,” in *A sociedade em rede*, vol. 1, ch. 6, pp. 467–521, Paz e Terra, 2005. [Citado na página 7]

- [12] M. L. P. Valentim, *Ambientes e fluxos de informação em contextos empresariais: o caso do setor cárnico de Salamanca/Espanha*. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2010. [Citado na página 7]
- [13] M. E. Porter and V. E. Millar, “Como a informação proporciona vantagem competitiva,” in *Competição*, pp. 73–96, Rio de Janeiro: Elsevier, 2009. [Citado na página 8]
- [14] O. F. E. C.-O. (OCDE) and DEVELOPMENT, *Manual de Oslo: Diretrizes para Coleta e Interpretação de Dados sobre Inovação*. Brasília: Finep, 2005. [Citado na página 8]
- [15] S. Albagli and M. L. Maciel, “Informação e conhecimento na inovação e no desenvolvimento local,” *Ciência da Informação*, vol. 33, no. 3, pp. 9–16, 2004. [Citado na página 8]
- [16] N. Amara and R. Landry, “Sources of information as determinants of novelty of innovation in manufacturing firms: evidence from the 1999 statistics canada innovation survey,” *Technovation*, vol. 25, pp. 245–259, 03 2005. [Citado na página 8]
- [17] V. Plekhanova, P. Smith, and K. Hamdan, “A role of quality of information for innovation: Leadership style and information management,” in *2012 International Conference on Innovations in Information Technology (IIT)*, (Abu Dhabi), pp. 344–349, IEEE, 2012. [Citado na página 8]
- [18] D. Tzabbar, B. S. Aharonson, and T. L. Amburgey, “When does tapping external sources of knowledge result in knowledge integration?,” *Research Policy*, vol. 42, no. 2, pp. 481–494, 2013. [Citado na página 8]
- [19] S. Fisher, “Asset Management: An Introduction,” *Gartner Research*, 2001. [Citado na página 9]
- [20] J. A. Custer, “The Role of IRM in a Client/Server Environment,” tech. rep., Bata Base Newsletter, 1995. [Citado na página 9]
- [21] P. Adams, “Three Tool of an IT Asset Management Program,” *Gartner Research*, 2001. [Citado na página 9]
- [22] ABC Flowcharter, “Users’Guide,” 1993. [Citado na página 9]
- [23] W. R. Carey, “Tools for Today’s Engineer Strategy for Achieving Engineering Excellence: Section 1: Quality Function Deployment,” in *SAE International Congress and Exposition*, (Detroit Michigan), 1992. [Citado na página 9]

-
- [24] R. J. Dika and R. L. Begley, “Concept development through teamwork - working for quality, cost, weight and investment,” *SAE Transactions*, vol. 100, pp. 277–288, 1991. [Citado na página 10]
- [25] B. Prasad, J. Macdonald, and D. Auxier, “Door systems methodology: Requirements specification,” tech. rep., 1991. [Citado na página 10]
- [26] C. Norrman, D. Bienkowska, P. Frankelius, and M. Moberg, “Innovative methods for entrepreneurship and leadership teaching in CDIO-based engineering education,” in *10th International CDIO Conference*, (Barcelona), 2014. [Citado nas páginas 10, 11 e 17]
- [27] W. M. P. van der Aalst, *Workflow Verification: Finding Control-Flow Errors Using Petri-Net-Based Techniques*, pp. 161–183. Berlin: Springer Berlin Heidelberg, 2000. [Citado nas páginas 10 e 11]
- [28] W. M. P. van der Aalst, *Process Mining: Discovery, Conformance and Enhancement of Business Processes*. Berlin: Springer Verlag, 2011. [Citado na página 10]
- [29] W. M. P. van der Aalst and K. M. van Hee, *Workflow Management: Models, Methods, and Systems*. Cambridge: MIT Press, 2004. [Citado nas páginas 10 e 11]
- [30] R. Agrawal, D. Gunopulos, and F. Leymann, “Mining process models from workflow logs,” in *Advances in Database Technology — EDBT’98* (H.-J. Schek, G. Alonso, F. Saltor, and I. Ramos, eds.), (Berlin, Heidelberg), pp. 467–483, Springer Berlin Heidelberg, 1998. [Citado na página 10]
- [31] J. E. Cook and A. L. Wolf, “Discovering models of software processes from event-based data,” *ACM Trans. Softw. Eng. Methodol.*, vol. 7, pp. 215–249, July 1998. [Citado na página 10]
- [32] A. Medeiros, B. Dongen, W. Aalst, and A. Weijters, “Process Mining: Extending the α -algorithm to Mine Short Loops.” BETA Working Paper Series, WP 113, Eindhoven University of Technology, Eindhoven, 2004. [Citado na página 10]
- [33] W. Sadiq and M. E. Orłowska, “Analyzing process models using graph reduction techniques,” *Information Systems*, vol. 25, no. 2, pp. 117–134, 2000. The 11th International Conference on Advanced Information System Engineering. [Citado na página 11]
- [34] E. Verbeek and E. M. P. van der Aalst, “Woflan 2.0: a Petri-net-based workflow diagnosis tool,” in *Proceedings of the 21st international conference on Application and theory of petri nets* (M. Nielsen and D. Simpson, eds.), (Berlin), Springer-Verlag, 2000. [Citado na página 11]

- [35] H. M. W. Verbeek, T. Basten, and W. M. van der Aalst, “Diagnosing workflow processes using woflan,” *Computing Science Report*, vol. 99, no. 2, 1999. [Citado na página 11]
- [36] W. M. P. van der Aalst, “Woflan: A petri-net-based workflow analyzer,” *Syst. Anal. Model. Simul.*, vol. 35, p. 345–357, May 1999. [Citado na página 11]
- [37] N. Trčka, W. M. P. van der Aalst, and N. Sidorova, “Data-flow anti-patterns: Discovering data-flow errors in workflows,” in *Advanced Information Systems Engineering* (P. van Eck, J. Gordijn, and R. Wieringa, eds.), (Berlim), pp. 425–439, Springer Berlin Heidelberg, 2009. [Citado na página 11]
- [38] A. Hofstede, W. Van Der Aalst, M. Adams, and N. Russell, *Modern Business Process Automation: YAWL and its Support Environment*. Berlim: Springer, 2010. [Citado na página 11]
- [39] C. Wagner, “A data-centric approach to deadlock elimination in business processes,” in *Proceedings of the 3rd Central-European Workshop on Services and their Composition, ZEUS 2011, Karlsruhe, Germany, February 21–22, 2011* (D. Eichhorn, A. Koschmider, and H. Zhang, eds.), vol. 705 of *CEUR Workshop Proceedings*, CEUR-WS.org, 2011. [Citado na página 11]
- [40] S. Sadiq, M. Orłowska, W. Sadiq, and C. Foulger, “Data flow and validation in workflow modelling,” *Proceedings of the 15th Australasian Database Conference (ADC)*, 02 2004. [Citado na página 12]
- [41] E. Saad Correa, “Comunicação digital: uma questão de estratégia e de relacionamento com públicos,” *Organicom*, vol. 2, pp. 95–111, 12 2005. [Citado nas páginas 12 e 13]
- [42] M. Castells, *A Galáxia da Internet: Reflexões sobre a Internet, os Negócios e a Sociedade*. Rio de Janeiro: Zahar, 2003. [Citado na página 13]
- [43] M. Kunsch, *Planejamento de Relações Públicas na Comunicação Integrada*. São Paulo: Sunnus, 2006. [Citado na página 13]
- [44] C. Zhou, “Learning Engineering Knowledge and Creativity by Solving Projects,” *International Journal of Engineering Pedagogy (iJEP)*, vol. 2, no. 1, p. 26, 2012. [Citado na página 13]
- [45] B. Malheiro, M. Silva, P. Ferreira, and P. Guedes, “CDIO and the European Project Semester: a match for capstone projects?,” in *11th International CDIO Conference*, (Chengdu), 2015. [Citado na página 13]

-
- [46] E. F. Crawley, J. Malmqvist, S. Östlund, D. R. Brodeur, and K. Edström, “Rethinking engineering education - The CDIO approach,” 2014. [Citado nas páginas 13, 15, 16 e 17]
- [47] R. Raggi, C. Noriega, and E. Dirani, “Avaliação da união das metodologias cdio e biomimetismo para aprendizagem ativa na engenharia,” in *VI Reunião Latino-Americana CDIO: “Processos de aprendizagem dos cursos de Engenharia e Tecnologia”*, (Loreta), 2018. [Citado na página 13]
- [48] D. Bienkowska, C. Norrman, and P. Frankelius, “Adaptation of the CDIO-framework in Management Courses for Engineering Students - a Micro-level Approach,” in *12th International CDIO Conference*, (Turku, Finland), 2016. [Citado nas páginas 14, 17 e 18]
- [49] E. Crawley, J. Malmqvist, W. Lucas, and D. Brodeur, “The CDIO Syllabus v2.0 An Updated Statement of Goals for Engineering Education,” in *7th International CDIO Conference*, (Copenhaga, Dinamarca), 2011. [Citado nas páginas 14 e 19]
- [50] K. Berggren, D. Brodeur, E. Crawley, I. Ingemarsson, W. Litant, J. Malmqvist, and S. Ostlund, “Cdio: An international initiative for reforming engineering education,” *World Transactions on Engineering and Technology Education*, vol. 2, pp. 49–52, 01 2003. [Citado na página 15]
- [51] E. F. Crawley, “The CDIO Syllabus: A Statement of Goals for Undergraduate Engineering Education,” tech. rep., Massachusetts Institute of Technology, Boston, 2001. [Citado na página 17]
- [52] D. Karl-Fredrik Berggren, K.-F. Berggren, D. Brodeur, E. Crawley, I. Ingemarsson, W. Litant, J. Malmqvist, and S. Östlund, “CDIO: an International Initiative for Reforming Engineering Education,” *World Transactions on Engineering and Technology Education*, vol. 2, no. 1, pp. 49–52, 2003. [Citado na página 17]
- [53] A. Costa, Ângelo Martins, F. Rodrigues, and J. Rocha, “CDIO@ISEP: “A Stairway to Heaven” (A CDIO contribution to EUR-ACE certification),” in *8th International CDIO Conference*, (Brisbane), 2012. [Citado na página 18]
- [54] J. Biggs, *Teaching For Quality Learning At University*. United Kingdom: Open University Press, 2003. [Citado na página 18]
- [55] B. Nengsheng, G. Peihua, L. Xiaohua, X. Guangjing, and Y. Chen, “A Case Study on CDIO Implementation in China,” in *Proceedings of the 9th International CDIO Conference*, (Cambridge), Massachusetts Institute of Technology and

- Harvard University School of Engineering and Applied Sciences, 2013. [Citado na página 18]
- [56] C. de Ministros, “Decreto-Lei n.º 63/2019 - Ciência, Tecnologia e Ensino Superior,” *Diário da República*, vol. 1, no. 94, pp. 2466–2475, 2019. [Citado na página 22]
- [57] F. p. a. C. e. a. Tecnologia, “Como se diferenciam investigadores integrados e investigadores colaboradores de uma unidade de i&d?” <https://www.fct.pt/faq/pr.phtml.pt?idFaq=COE36499-1935-466C-A3D0-776D133C6A7A>, 2021. Acedido: 2021-05-01. [Citado na página 24]
- [58] F. p. a. C. e. a. T. Tecnologia, “Estatuto da Carreira de Investigação.” <https://www.fct.pt/apoios/unidades/estatutocarreirainvestigacao.phtml.pt>, 1999. Acedido: 2021-05-09. [Citado na página 24]
- [59] ISEP, “Despacho n.º 2863/2018 - Estatutos do Instituto Superior de Engenharia do Porto,” *Diário da República*, vol. 2, no. 56, pp. 8230–8236, 2018. [Citado nas páginas 26, 28 e 44]
- [60] I. S. de Engenharia do Porto, “Regulamento de serviços do instituto superior de engenharia do porto,” tech. rep., 2020. [Citado na página 27]
- [61] RECIPP, “ISEP - CIETI - Centro de Inovação em Engenharia e Tecnologia Industrial.” <https://recipp.ipp.pt/handle/10400.22/164>, 2021. Acedido: 2021-05-09. [Citado na página 27]
- [62] ISEP, “Relatório de Atividades 2019,” tech. rep., Instituto Superior de Engenharia do Porto, Porto, Portugal, 2019. [Citado na página 28]
- [63] Portal de Ciência e Tecnologia (PCT). <https://pct.fct.pt/PortalCT/>, 2021. Acedido: 2021-05-09. [Citado na página 28]
- [64] Sistema de Informação da FCT (FCT|SIG). <https://sig.fct.pt/fctsig/>, 2021. Acedido: 2021-05-13. [Citado na página 29]
- [65] DGEEC, “Direção-Geral de Estatísticas da Educação e Ciência.” <https://www.dgeec.mec.pt/np4/dgeec/>, 2021. Acedido: 2021-05-13. [Citado na página 29]
- [66] I. Ribeiro, “Regulamento de projetos financiados exclusivamente por fundos nacionais,” Tech. Rep. October, 2016. [Citado na página 31]
- [67] F. p. a. C. e. a. Tecnologia, “Regulamento do Programa de Financiamento Plurianual de Unidades de I&D (2007).” <https://www.fct.pt/apoios/unidades/regulamento>, 2007. Acedido: 2021-06-13. [Citado na página 34]

- [68] F. p. a. C. e. a. Tecnologia, “2013 Evaluation on FCT Research and Development Units,” tech. rep., 2014. [Citado na página 34]
- [69] F. p. a. C. e. a. Tecnologia, “Evaluation Panel: THEMATIC AREAS - Sustainable Energy Systems, Circular Economy and Technologies for the Environment,” tech. rep., 2018. [Citado na página 34]
- [70] G. Scholar, “Google Scholar Profiles.” <https://scholar.google.com/intl/en/scholar/citations.html>. Acedido: 2021-06-13. [Citado na página 36]
- [71] ORCID. <https://orcid.org/>, 2021. Acedido: 13-06-2021. [Citado nas páginas 36 e 37]
- [72] L. Ferreira, “CIÊNCIA VITAE : um guia,” tech. rep., Instituto de Investigação Interdisciplinar, Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal, 2020. https://www.uc.pt/iii/Ciencia_Vitae_Um_Guia/Ciencia_Vitae_Um_Guia. [Citado na página 37]
- [73] CIÊNCIAVITAE. <https://cienciavitae.pt/>, 2021. Acedido: 2021-06-25. [Citado na página 37]
- [74] F. p. a. C. e. a. Tecnologia, “myFCT gestão de financiamento.” <https://myfct.fct.pt/>, 2021. Acedido: 2021-06-25. [Citado na página 37]
- [75] Repositórios Científicos de Acesso Aberto de Portugal (RCAAP), 2021. Acedido: 2021-06-25. [Citado na página 37]
- [76] CIÊNCIA-IUL|A excelência da investigação e ciência no ISCTE-IUL. <https://ciencia.iscte-iul.pt/>, 2021. Acedido: 2021-06-25. [Citado na página 37]
- [77] DGEEC, “RENATES - Registo Nacional de Teses e Dissertações.” <https://renates2.dgeec.mec.pt/>. Acedido: 2021-06-25. [Citado na página 37]
- [78] DGEEC, “REBIDES - Registo Biográfico de Docentes do Ensino Superior.” <https://www.dgeec.mec.pt/np4/rebides>. [Citado na página 37]
- [79] ResearchGate | Find and share research. <https://www.researchgate.net/>, 2021. Acedido: 2021-04-01. [Citado na página 38]
- [80] CRACS and Inesc TEC, “Authenticus.” <https://www.authenticus.pt/pt>, 2021. Acedido: 2021-06-25. [Citado na página 38]
- [81] Ano civil/letivo @ dicionario.priberam.org. <https://dicionario.priberam.org/ANOCIVIL>. [Citado na página 40]
- [82] M. Moutinho, “Procedimento: Autorização de Despesa,” tech. rep., Instituto Superior de Engenharia do Porto:Serviços Económico-Financeiros, Porto, Portugal, 2021. [Citado na página 41]

- [83] M. Moutinho, “Procedimento: Pedido de Autorização de Receita,” Tech. Rep. 1, Instituto Superior de Engenharia do Porto:Serviços Económico-Financeiros, Porto, Portugal, 2021. [Citado na página 41]
- [84] ISEP, “Plano de Atividades Setoriais (documento ISEP-PRES-MOD029v04),” tech. rep., Instituto Politécnico do Porto, Porto, Portugal, 2014. [Citado na página 44]
- [85] FCT, “FINANCIAMENTO PLURIANUAL DE UNIDADES DE I&D 2020-2023: NORMAS DE EXECUÇÃO FINANCEIRA,” tech. rep., 2020. [Citado nas páginas 49 e 67]
- [86] FCT, “Projectos de i&d.” <https://www.fct.pt/apoios/projectos/paginaIR.phtml.pt>. Acedido: 2021-08-12. [Citado na página 49]
- [87] A. Shamoug, R. Juric, and S. Paurobally, “Ontological reasoning as a tool for humanitarian decision making,” 01 2012. [Citado na página 75]
- [88] G. R. Alves, J. García-Zubía, M. Castro, A. V. Fidalgo, U. Hernández-Jayo, F. Garcia-Loro, M. A. Marques, and C. Kreiter, “A roadmap for the VISIR remote lab,” *In Press*, 2021. [Citado na página 81]
- [89] M. Zappatore, A. Longo, and M. A. Bochicchio, “The bibliographic reference collection grc2014 for the online laboratory research community,” in *Proceedings of 2015 12th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV)*, pp. 24–31, Feb 2015. [Citado na página 81]
- [90] Mendeley. https://www.mendeley.com/?interaction_required=true. Acedido: 2021-05-01. [Citado na página 81]
- [91] M. M. Silva, A. V. Fidalgo, M. A. Marques, G. R. Alves, R. Najimaldeen, and F. Jacob, “The comprehensive VISIR bibliographical reference,” in *WEEF/-GEDC 2021*, (Madrid, Sapin), 2021. [Citado na página 81]
- [92] R. C. Correia, G. R. Alves, and J. M. Fonseca, “An evolution model for remote and virtual labs,” in *2021 4th International Conference of the Portuguese Society for Engineering Education (CISPÉE)*, pp. 1–10, 2021. [Citado na página 81]
- [93] A. R. Costa, G. R. Alves, and A. Moura, “A bibliometric analysis of 10 years of EDUCON (2010-2019),” in *2020 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, pp. 1831–1835, April 2020. [Citado na página 82]
- [94] Comissão Europeia, “Regulamento (CE) N^o 213/2008 da Comissão de 28 de Novembro de 2007,” *Jornal Oficial da União Europeia*, no. 6, p. 375, 2007. [Citado na página 163]

Anexo A

CDIO

O anexo apresenta duas secções: (A.1) *The CDIO Syllabus* e (A.2) Padrões da Iniciativa CDIO.

A.1 *The CDIO Syllabus*

The CDIO Syllabus v2.0

An Updated Statement of Goals for Engineering Education

Edward F. Crawley
Massachusetts Institute of Technology
Cambridge, Massachusetts, USA

Johan Malmqvist
Chalmers University of Technology
Göteborg, Sweden

William A. Lucas
Massachusetts Institute of Technology
Cambridge, Massachusetts, USA

Doris R. Brodeur
Massachusetts Institute of Technology
Cambridge, Massachusetts, USA

ABSTRACT

Modern engineering education programs seek to impart to the students a broad base of knowledge, skills, and attitudes necessary to become successful young engineers. This array of abilities is represented in the CDIO Syllabus, an attempt to create a rational, complete, consistent, and generalizable set of goals for undergraduate engineering education. This paper examines the content and structure of the Syllabus, as well as the roles played by the Syllabus in the design and operation of educational programs.

The paper begins by examining the content and structure of the Syllabus, and then contrasts the Syllabus with other important taxonomies of educational outcomes. The CDIO Syllabus is first compared with the UNESCO Four Pillars of Learning, with which it is aligned at a high level. The Syllabus is then compared with national accreditation and evaluation standards of several nations. The finding is that the CDIO Syllabus is consistent and more detailed and comprehensive than any of the individual standards.

Based on these comparisons, as well as other input received over the last decade since the Syllabus was originally written in 2001, a revised and updated Syllabus is presented, in part to add missing skills and in part to clarify nomenclature and make the Syllabus more explicit and more consistent with national standards. The result is called the *CDIO Syllabus version 2.0*.

In modern society, engineers are increasingly expected to move to positions of leadership, and often take on an additional role as an entrepreneur. This paper also explores the degree to which the CDIO Syllabus already covers these topics, and the optional extension to the CDIO Syllabus that more adequately covers these two important roles of engineers.

KEYWORDS

CDIO Syllabus, knowledge taxonomies, ABET, CEAB, CDIO Standard 2, engineering leadership, entrepreneurship

INTRODUCTION

In contemporary undergraduate engineering education, there is a seemingly irreconcilable tension between two growing needs. On one hand, there is the ever-increasing body of technical knowledge that graduating students must command. On the other hand, there is a growing recognition that young engineers must possess a wide array of personal, interpersonal, and system building knowledge and skills that will allow them to function in real engineering teams and to produce real products and systems, meeting enterprise and societal needs.

Over the last decade, there has evolved a broad sense that there is a need to create a new vision and concept for undergraduate education. One approach to this, recognizable to engineering faculty, is to engage this problem by applying an *engineering problem solving paradigm*. This entailed first developing a comprehensive understanding of the skills needed by the contemporary engineer, and then designing and education to meet these requirements. Cast in just slightly different language, educators would begin with the development of educational objectives and learning outcomes, and then design aligned curriculum and assessment. In either framing of the problem, an early step is the development of comprehensive goals and outcomes.

Since 2000, we have been engaged in an organized international educational initiative centered on the CDIO approach, which is structured around 12 principles of effective practice [1]. The first and organizing principle is that the conceiving-designing-implementing-operating of products, processes and systems should be the authentic context of engineering education. [2] A learning context is the set of cultural surroundings and environments that contribute to understanding, and in which knowledge and skills are learned. The CDIO approach holds that the product, process, or system lifecycle (conceiving-designing-implementing-operating), should be the *context*, but not the *content*, of engineering education. The setting of the education, the skills we teach, and the attitudes we convey should all indicate that conceiving-designing-implementing-operating is the authentic role of engineers in their service to society.

A second principle of effective practice of the CDIO approach is that a program should set “*Specific, detailed learning outcomes for personal and interpersonal skills, and product, process, and system building skills, as well as disciplinary knowledge, consistent with program goals and validated by program stakeholders.*” [1] In order to serve as a reference document for this process, the framework document entitled *CDIO Syllabus – A Statement of Goals for Undergraduate Engineering Education* was published in 2001. [3] The *CDIO Syllabus* was developed through discussions with focus groups comprised of various stakeholders, and by reference to other documentation of the time. As shown in Table 1, the *CDIO Syllabus* classified learning outcomes into four high-level categories: technical knowledge, personal and professional attributes, interpersonal skills, and the skills specific to the engineering profession. The content of each section was expanded in the *CDIO Syllabus* to a second level (also shown in Table 1), to a third level (see Appendix A), and to a fourth level (see Appendix B). This detailed version of the *Syllabus* was explicitly correlated with key documents listing engineering education requirements and desired attributes. As a result of this development process, the *CDIO Syllabus* emerged in 2001 as what we will now call the *CDIO Syllabus version 1.0*.

CDIO Syllabus v1.0 has proven to be a useful reference in over 100 programs worldwide for setting program goals, planning curricula, and evaluating student learning. It has been translated into Swedish, French, Spanish, Vietnamese and Chinese. Of course, the Syllabus is just a reference document, and it is not prescriptive. If programs feel that the Syllabus is not appropriate for their programs, or needs to be expanded, they can modify it in any way desirable to them.

The general objective of the CDIO Syllabus is to summarize formally a set of knowledge, skills and attitudes that alumni, industry and academia desire in a future generation of young engineers. The Syllabus can be used to define expected outcomes in terms of learning objectives of the personal, interpersonal and system building skills necessary for modern engineering practice. Further, the Syllabus can be used to design new educational initiatives, and it can be employed as the basis for a rigorous outcomes-based assessment process, such as that required by the Accreditation Board for Engineering Technology (ABET), and increasingly by other international accreditation processes as well.

The required skills of engineering are best defined through the examination of the practice of engineering for which we prepare our students. In fact, from its conception as a profession until the middle of the 20th century, engineering education was based on practice. With the advent, in the 1950s, of the engineering science-based approach to engineering education, the education of engineers became more distant from the practice of engineering. Engineering science became the dominant culture of engineering schools. Many universities are now moving to a new synthesis of engineering science and authentic practice.

Over the last 30 years, industry in the United States and elsewhere has made a concerted effort to signal their needs and support this transition. Yet, statements of high-level goals, written in part by those outside the academic community, have not made the kind of fundamental impact their authors desired. We examined this issue, and decided there were two root causes for this lack of convergence between engineering education and practice: an absence of rationale and an absence of detail.

Our approach was to reformulate the underlying need to make the rationale apparent. A statement of the underlying need for engineering education is that:

*Graduating engineers should be able to
conceive-design-implement-operate
complex value-added engineering systems
in a modern team-based environment.*

If we accept this conceive-design-implement-operate premise as the *context* of engineering education, we can then rationally derive more detailed goals for the education. The second barrier is the fact that the “lists” of desired attributes, as written, lack sufficient detail and specificity to be widely understood or implemented. Therefore, we composed the CDIO Syllabus to provide the necessary level of detail.

The specific objective of the CDIO Syllabus is to create a clear, complete, consistent, and generalizable set of goals for undergraduate engineering education, in sufficient detail that they can be understood and implemented by engineering faculty. These goals would form the basis for educational and learning outcomes, the design of curricula, as well as the basis for a comprehensive system of student learning assessment. In

addition, they would form the basis for effective communication, benchmarking, inter-university sharing, and international correspondence.

Our goal was to create a taxonomy of engineering learning that is rationalized against the norms of contemporary engineering practice, comprehensive of all known other sources, and peer-reviewed by experts in the field. Further, we sought to develop a list that is prioritized, appropriate to university education, and in a form that can be expressed as learning objectives.

The objective of this paper is to review the CDIO Syllabus, ten years after its drafting, for its applicability and continued relevance. We have introduced some minor changes in the document to increase its contemporary relevance and broaden its coverage, and call this revised document the CDIO Syllabus v2.0. The modifications to the first and second level of the Syllabus are modest, as show in Table 2. The paper first reviews the high-level content and structure of the Syllabus. A discussion is then presented of use of the Syllabus in aligning curriculum, teaching and learning, and assessment. Then the historical development and recent updating of the more detailed Syllabus will be presented, culminating in the complete version 2.0 of the document. Finally, a proposed extension of the Syllabus to include entrepreneurship and leadership is discussed.

Table 1. CDIO Syllabus v1.0 at the Second Level of Detail

<p>1 TECHNICAL KNOWLEDGE AND REASONING</p> <p>1.1 KNOWLEDGE OF UNDERLYING SCIENCE</p> <p>1.2 CORE ENGINEERING FUNDAMENTAL KNOWLEDGE</p> <p>1.3 ADVANCED ENGINEERING FUNDAMENTAL KNOWLEDGE</p> <p>2 PERSONAL AND PROFESSIONAL SKILLS AND ATTRIBUTES</p> <p>2.1 ENGINEERING REASONING AND PROBLEM SOLVING</p> <p>2.2 EXPERIMENTATION AND KNOWLEDGE DISCOVERY</p> <p>2.3 SYSTEM THINKING</p> <p>2.4 PERSONAL SKILLS AND ATTITUDES</p> <p>2.5 PROFESSIONAL SKILLS AND ATTITUDES</p>	<p>3 INTERPERSONAL SKILLS: TEAMWORK AND COMMUNICATION</p> <p>3.1 MULTI-DISCIPLINARY TEAMWORK</p> <p>3.2 COMMUNICATIONS</p> <p>3.3 COMMUNICATIONS IN FOREIGN LANGUAGES</p> <p>4 CONCEIVING, DESIGNING, IMPLEMENTING, AND OPERATING SYSTEMS IN THE ENTERPRISE AND SOCIETAL CONTEXT</p> <p>4.1 EXTERNAL AND SOCIETAL CONTEXT</p> <p>4.2 ENTERPRISE AND BUSINESS CONTEXT</p> <p>4.3 CONCEIVING AND ENGINEERING SYSTEMS</p> <p>4.4 DESIGNING</p> <p>4.5 IMPLEMENTING</p> <p>4.6 OPERATING</p>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Table 2. CDIO Syllabus v2.0 at the Second Level of Detail
(Underlined Text is Updated from v1.0)

<p>1 DISCIPLINARY KNOWLEDGE AND REASONING</p> <p>1.1 KNOWLEDGE OF UNDERLYING <u>MATHEMATICS</u> AND SCIENCE</p> <p>1.2 CORE FUNDAMENTAL KNOWLEDGE OF ENGINEERING</p> <p>1.3 ADVANCED ENGINEERING FUNDAMENTAL KNOWLEDGE, <u>METHODS AND TOOLS</u></p> <p>2 PERSONAL AND PROFESSIONAL SKILLS AND ATTRIBUTES</p> <p>2.1 <u>ANALYTICAL</u> REASONING AND PROBLEM SOLVING</p> <p>2.2 EXPERIMENTATION, <u>INVESTIGATION</u> AND KNOWLEDGE DISCOVERY</p> <p>2.3 SYSTEM THINKING</p> <p>2.4 <u>ATTITUDES, THOUGH AND LEARNING</u></p> <p>2.5 <u>ETHICS, EQUITY AND OTHER RESPONSIBILITIES</u></p>	<p>3 INTERPERSONAL SKILLS: TEAMWORK AND COMMUNICATION</p> <p>3.1 TEAMWORK</p> <p>3.2 COMMUNICATIONS</p> <p>3.3 COMMUNICATIONS IN FOREIGN LANGUAGES</p> <p>4 CONCEIVING, DESIGNING, IMPLEMENTING, AND OPERATING SYSTEMS IN THE ENTERPRISE, SOCIETAL AND ENVIRONMENTAL CONTEXT</p> <p>4.1 EXTERNAL, SOCIETAL AND <u>ENVIRONMENTAL</u> CONTEXT</p> <p>4.2 ENTERPRISE AND BUSINESS CONTEXT</p> <p>4.3 CONCEIVING, <u>SYSTEMS ENGINEERING AND MANAGEMENT</u></p> <p>4.4 DESIGNING</p> <p>4.5 IMPLEMENTING</p> <p>4.6 OPERATING</p>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

FIRST- AND SECOND-LEVEL CONTENT OF THE CDIO SYLLABUS

First-Level Structure

In this section, we present the high-level content and structure of the CDIO Syllabus. The departure point for the derivation of the CDIO Syllabus' content is the simple statement that *engineers engineer*; that is, they build systems and products for the betterment of humanity. To enter the contemporary profession of engineering, students must be able to perform the essential function of an engineer which, as we have stated is that

*Graduating engineers should be able to:
conceive-design-implement-operate
complex value-added engineering systems
in a modern team-based environment.*

Stated another way, graduating engineers should appreciate the engineering *process*, be able to contribute to the development of engineering *products*, and do so while working in engineering *organizations*. Implicit is the additional expectation that engineering graduates should develop as whole, mature, thoughtful individuals.

These high-level expectations map directly to the first- or highest-level organization of the CDIO Syllabus. (see Table 2) Examining the mapping of the first level Syllabus items to these four expectations, we can see that a mature individual interested in technical endeavors possesses a set of *Personal and Professional Skills and Attributes*, which are central to the practice. In order to develop complex value-added engineering systems, students must have mastered the fundamentals of the appropriate *Disciplinary Knowledge and Reasoning*. To work in a modern team-based environment, students must have developed the *Interpersonal Skills* of teamwork and communications. Finally, to create and operate products and systems, a student must understand something of

Conceiving, Designing, Implementing, and Operating Systems in the Enterprise, Societal and Environmental Context. The four-section organization of the Syllabus reflects disciplinary knowledge, how to think, how to work with others, and how to engineer.

The first section, *Disciplinary Knowledge and Reasoning*, is program specific, that is, it outlines major disciplinary concepts of a specific engineering domain. Sections 2, 3, and 4 are more generic and applicable to virtually any engineering program. One could argue that this structure of Knowledge, Thinking and Acting, Working with Others, and Working Professionally is a taxonomy that can be applied to any field of study which prepares students for a profession. In fact, the CDIO Syllabus has been applied to other professional areas (e.g., business management) largely by customizing Sections 1 and 4, but leaving Sections 2 and 3 largely unchanged.

Second-Level Structure

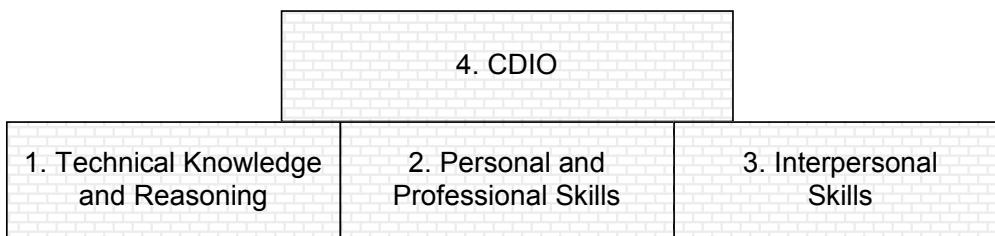


Figure 1: Building blocks of knowledge, skills, and attitudes necessary to Conceive, Design, Implement, and Operate Systems in the Enterprise, Societal and Environmental Context (CDIO).

The second level of the Syllabus consists of 17 sections, assigned to the four sections shown in Figure 1. These are roughly at the level of detail of national standards and accreditation criteria. Section 1 of CDIO Syllabus v2.0 is now called *Disciplinary Knowledge and Reasoning*. Modern engineering professions often rely on a necessary core Knowledge of Underlying Mathematics and Sciences (1.1). A body of Core Engineering Fundamental Knowledge (1.2) builds on that science core, and a set of Advanced Engineering Fundamental Knowledge, Methods and Tools (1.3) moves students towards the skills necessary to begin a professional career. This section of the CDIO Syllabus is, in fact, a placeholder for the more detailed description of the disciplinary fundamentals necessary for any particular engineering education. Section 1 details will vary in content from field to field.

In the remainder of the Syllabus, we have endeavored to include the knowledge, skills and attitudes that all engineering graduates might require. Section 2 begins with the three modes of thought most practiced professionally by engineers: Analytical Reasoning and Problem Solving (2.1), Experimentation, Investigation and Knowledge Discovery (2.2) and System Thinking (2.3). The detailed topical content of these sections at a third level is shown in Appendix A, and a fourth or implementable level is given in Appendix B. There is parallelism in these three sections (2.1 - 2.3). Each starts with a subsection which is essentially “formulating the issue,” moves through the particulars of that mode of thought, and ends with a section which is essentially “resolving the issue.”

Those personal values and attitudes that are used primarily in a professional context and that reflect on responsibilities are called Ethics, Equity and Other Responsibilities (2.5).

These include professional ethics, integrity and social responsibility, professional behavior, visioning for career and life, currency in engineering, equity and diversity and trust and loyalty. While these values and attitudes are applicable to engineering, there is nothing in this section that is conceptually particular to engineering. The subset of personal skills that are not primarily associated with responsibilities, are called Attitudes, Thought and Learning (2.4). These include the general character traits of initiative and perseverance, the more generic modes of thought of creative and critical thinking, and the skills of self-awareness and metacognition, curiosity and lifelong learning and educating, and time management.

Section 3 *Interpersonal Skills* is a distinct subset of the general class of personal skills, focused on interaction with others. They are divided into three overlapping sets called Teamwork (3.1) Communications (3.2), and Communications in Foreign Languages (3.3). Teamwork comprises forming, operating, growing and leading a team, as well as skills specific to technical and multidisciplinary teamwork. Communications comprises the skills necessary for formal communication: devising a communications strategy and structure; and those necessary to use the four common media -- written, oral, graphic and electronic. In addition, there is a set of informal communications and relational skills: inquiry and effective listening, negotiation, advocacy, and networking. Command of a foreign language is an important part of engineering in a globalized society. Because of its importance, English is called out specifically. Languages of regional commerce and industry are also important, for example, speaking both Spanish and Portuguese in South America. Command of additional languages is considered beneficial.

Section 4 *Conceiving, Designing, Implementing, and Operating Systems in the Enterprise, Societal and Environmental Context* presents a view of how product or system development moves through four metaphases, Conceiving (4.3), Designing (4.4), Implementing (4.5), and Operating (4.6). The chosen terms are descriptive of hardware, software and process industries. Conceiving runs from market or opportunity identification through high-level or conceptual design, and includes system engineering and development project management. Designing includes aspects of design process, as well as disciplinary, multidisciplinary, and multi-objective design. Implementing includes hardware and software processes, test and verification, as well as design and management of the implementation process. Operating covers a wide range of issues from designing and managing operations, through supporting product lifecycle and improvement, to end-of-life planning.

Products and systems are created and operated within an Enterprise and Business Context (4.2), and engineers must understand these sufficiently to operate effectively. The skills necessary to do this include recognizing the culture and strategy of an enterprise, and understanding how to act in an entrepreneurial way within an enterprise of any type or size. In addition, working effectively in international organizations, understanding new technology development and engineering project finance are skills which engineers will likely employ. Likewise, enterprises exist within a larger External, Societal and Environmental Context (4.1), an understanding of which includes such issues as the relationship between society and engineering, and requires a knowledge of the broader historical, cultural, contemporary and global context. Increasingly, understanding environmental context, and planning for sustainable development are necessary elements of context.

Comparison with the UNESCO and Other High-Level Frameworks

At its high-level organization, we have tried to organize the CDIO Syllabus in a rational manner. (see Table 2) The first level of Syllabus organization reflects an engineer who is a well-developed individual (Section 2), engaged in a process (Section 4), which is embedded in an organization (Section 3), with the intent of building products (Section 1). The 17 topics at the second level reflect much of the modern practice and scholarship on learning and the profession of engineering.

One of the most important aspects of the CDIO Syllabus is this choice of internal organization. A template for learning outcomes can be organized in many ways. For example, the 11 ABET accreditation criteria (criteria 3a – 3k) are not subdivided into categories at all. [4] The 2008 European EQF characteristics are categorized as Knowledge, Skills and Competences. [5] The 2008 EUR-ACE accreditation criteria are subdivided into Knowledge and Understanding, Engineering Analysis, Engineering Design, Investigations, Engineering Practice, and Transferable Skills.[6] The structure of domains of knowledge and skills (knowledge, personal skills, interpersonal skills and system building) was chosen as the organizing principle of the CDIO Syllabus.

An independent validation of this choice is the universal educational taxonomy developed by UNESCO [7]. They have proposed that all education should be organized around four fundamental types of learning:

- Learning to Know, that is, acquiring the instruments of understanding
- Learning to Do, so as to be able to act creatively on one's environment
- Learning to Live Together, so as to co-operate with other people
- Learning to Be, an essential progression that proceeds from the previous three

The organization of the CDIO Syllabus can be described as an adaptation of the UNESCO framework to the context of engineering education. At the first level, the CDIO Syllabus is divided into four categories:

1. *Technical Knowledge and Reasoning (or UNESCO Learning to Know)*
Section 1 of the CDIO Syllabus defines the mathematical, scientific and technical knowledge that an engineering graduate should have developed.
2. *Personal and Professional Skills and Attributes (or UNESCO Learning to Be)*
Section 2 of the Syllabus deals with individual skills, including problem solving, ability to think creatively, critically, and systemically, and professional ethics.
3. *Interpersonal Skills: Teamwork and Communication (or UNESCO Learning to Live Together)*
Section 3 of the Syllabus lists skills that are needed in order to be able to work in groups and communicate effectively.
4. *Conceiving, Designing, Implementing and Operating Systems in the Enterprise, Societal and Environmental Context (or UNESCO Learning to Do)*
Finally, Section 4 of the CDIO Syllabus is about what engineers do, that is, conceive-design-implement-operate products, processes and systems within an enterprise, societal, and environmental context.

Although the UNESCO framework precedes the first draft of the CDIO Syllabus by several years, the original drafters of the Syllabus did not know of its existence. Thus, UNESCO and CDIO independently arrived at the same fundamental structure of four pillars of learning.

Comparison with Engineering Professional Career Tracks

Another indicator of the rational structure of the Syllabus is the degree to which it maps to the needs of various career tracks that engineers follow as professionals. The Syllabus implicitly identifies a generic set of skills needed by all engineers, as well as more specific sets needed by different career tracks. The generic skills applicable to all tracks include: Analytical Reasoning and Problem Solving (2.1), System Thinking (2.3), Attitudes, Thought and Learning (2.4), Ethics, Equity and Responsibility (2.5), Teamwork (3.1), Communications (3.2), Communications in Foreign Languages (3.3) and External and Societal Context (4.1).

There are at least five different professional tracks that engineers follow, according to their individual talents and interests. The tracks and supporting sections of the Syllabus are:

1. The Researcher — Experimentation, Investigation and Knowledge Discovery (2.2)
2. The System Designer/Engineer — Conceiving, System Engineering and Management (4.3)
3. The Device Designer/Developer — Designing (4.4), Implementing (4.5)
4. The Product Support Engineer/Operator — Operating (4.6)
5. The Entrepreneurial Engineer/Manager — Enterprise and Business Context (4.2)

Of course, no graduating engineer will be expert in all of these potential tracks, and in fact may not be expert in any. However, the paradigm of modern engineering practice is that an individual's role will change and evolve. The graduating engineer must be able to interact in an informed way with individuals in each of these tracks, and must be educated as a generalist, prepared to follow a career that leads to any one or combination of these tracks.

It is important to note that the CDIO Syllabus exists at four levels of detail as shown in Appendix B. This decomposition is necessary to transition from the high-level goals (e.g., all engineers should be able to communicate) to the level of teachable and assessable skills (e.g., a topic in attribute 3.2.1, "analyze the audience"). This level of detail has many benefits for engineering faculty members, who in many cases are not experts in some of these topics. The detail allows instructors to gain insight into content and objectives, contemplate the deployment of these skills into a curriculum, and prepare lesson and assessment plans.

We have attempted to explain how the Syllabus forms a rational and generalizable basis for the goals of engineering education. Before discussing the Syllabus content in more detail, we briefly describe the use of the Syllabus in planning, executing and evaluating an educational program.

THE ROLE OF THE CDIO SYLLABUS IN EDUCATION

In the past ten years, the CDIO Syllabus has played a key role in the design of curriculum, teaching, and assessment in engineering education. As a formal statement of the intended learning outcomes of an engineering program, the Syllabus was able to

- Capture the expressed needs of program stakeholders
- Highlight the overall goals of an engineering program
- Provide a framework for benchmarking outcomes
- Serve as a template for writing program objectives and outcomes

- Provide a guide for the design of curriculum
- Suggest appropriate teaching and learning methods
- Provide the targets for student learning assessment
- Serve as a framework for overall program evaluation, and
- Communicate with faculty, students, and other stakeholders about the direction and purpose of a renewed engineering education that is centered on students and focused on outcomes.

In the curriculum and instructional design process, the CDIO Syllabus was adapted to diverse engineering programs in order to ensure that intended learning outcomes were aligned with institutional mission and vision, program objectives, and institutional and program values. (see Figure 2) This sometimes meant that a program omitted a few of the personal, interpersonal, and product, process, and system building skills found in the CDIO Syllabus, or added a few to highlight specific values of its institution.

The list of intended learning outcomes, adapted from the CDIO Syllabus, served as the basis for instructional decisions about curriculum, teaching and learning methods, and the assessment of student learning. In the curriculum design process at the program level, intended learning outcomes were detailed, sequenced from basic to complex, and mapped to appropriate levels and courses in the overall curriculum. For example, an intended learning outcome related to oral and written communication would be further defined into enabling steps and learning activities that would be integrated into courses at all levels of the curriculum so that by graduation, students would be able to demonstrate their competence in oral and written communication.

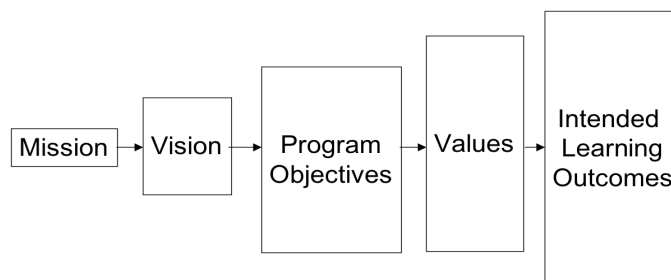


Figure 2. Alignment of intended learning outcomes with program mission

In the instructional design process at the course level, intended learning outcomes were used to guide decisions about appropriate teaching, learning, and assessment methods. The appropriateness of teaching and assessment methods depends on the nature and level of the learning outcomes. Using the same example of communication, appropriate teaching and assessment methods would be those that would allow students to practice their skills, get feedback on their performance, and in an assessment situation, demonstrate their achievements. Biggs refers to this purposeful relationship between the intended learning outcomes, teaching and learning activities, and assessment of student learning as *constructive alignment*. [8] (see Figure 3) Wiggins and McTighe refer to the outcomes, teaching and learning, and assessment sequence as *backward design*. [9] With or without a specific name, all models of instructional design highlight the centrality of learning outcomes and the importance of the alignment of curriculum, teaching, and

assessment. The CDIO Syllabus was used as a starting point for defining these learning outcomes at the course level.

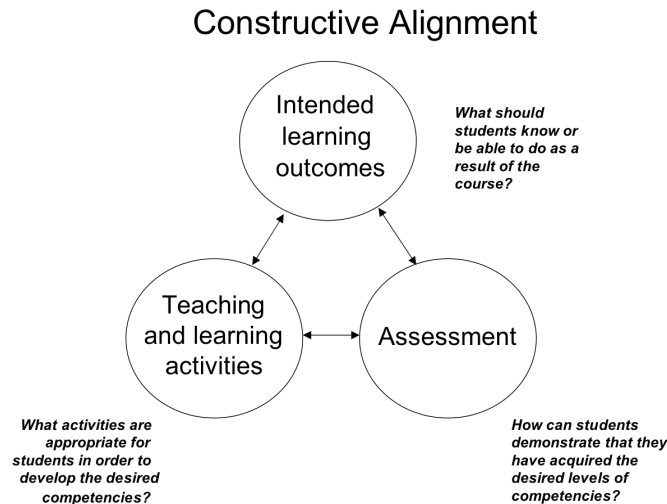


Figure 3. Alignment of intended learning outcomes with teaching and assessment

The CDIO Syllabus was also used in program evaluation and accreditation. For example, engineering programs at four different universities in the United States used the Syllabus as the framework for their self-studies for accreditation by ABET. [4] Using the language of ABET's EC2010, the CDIO Syllabus at the first level addressed ABET *Criterion 2 – Educational Objectives*. The topics of the Syllabus at the second level addressed ABET *Criterion 3 – Educational Outcomes*. Each topic was written as an educational outcome, in much the same language as ABET's required outcomes specified in Criteria 3a through 3k. These program learning outcomes subsequently became the starting point for writing learning outcomes for each course in the engineering curriculum.

ORIGIN AND EVOLUTION OF THE CDIO SYLLABUS

Developing Version 1.0 of the Syllabus

The CDIO Syllabus aims to be complete, consistent, and clear; that is, to describe the knowledge, skills, and attitudes expected of a graduating engineer in sufficient detail that curricula can be planned and implemented, and student learning assessed. While there is general agreement about the high-level view of these expectations among the comprehensive source documents cited [4,5,6,7], they lack the detail necessary to actually plan instruction and assess learning. We first present a brief review of the process used to arrive at the detailed content of the Syllabus a decade ago. The process blended elements of a product development user need study with techniques from educational research. The detailed content was derived through multiple steps, which included a combination of focus group discussions, document research, surveys, workshops and peer reviews.

Focus Groups

The first step in gathering the detailed content of the Syllabus was engaging four focus groups at MIT, including one of faculty, a group of current students, a group of industrial representatives, and a broadly based external review committee. To ensure applicability to all engineering fields, we included individuals with varied engineering backgrounds. The groups were presented with the question, "What, in detail, is the set of knowledge, skills and attitudes that a graduating engineer should possess?"

Document Review

A number of primary source documents were reviewed. The four principal ones were studied in the approximate chronological order of their appearance: the goals of the 1988 MIT Commission on Engineering Undergraduate Education, the ABET EC 2000 accreditation criteria [4], Boeing's Desired Attributes of an Engineer [10], and the goals of the 1998 MIT Task Force on Student Life and Learning. These four sources were representative of the views of industry, government and academia on the expectations for a university graduate.

Draft Organization and Survey

We organized results of the focus groups, plus the topics extracted from the four principal source documents into a first draft, which contained the first multi-level organization of the content. This preliminary draft needed extensive review and validation. To obtain stakeholder feedback, a survey was conducted among four constituencies: faculty, senior industry leaders, young alumni (average age 25) and older alumni (average age 35). The qualitative comments from the roughly 100 respondents to this survey were incorporated, improving the Syllabus' organization, clarity and coverage.

Workshops and Faculty Review

The first draft and survey comments were thoroughly reviewed in a faculty workshop at MIT and significantly reworked. This resulted in a second draft of the CDIO Syllabus, which was the first to have the four topics of the first-level organization (disciplinary knowledge, etc.), and contained 16 second-level sections (3 of which are placeholders in Section 1). These first- and second-level topics have been stable, with small changes, since 2000. The only second-level section subsequently added was 3.3 Communications in Foreign Languages. Using the information gathered from the focus groups, documents, surveys and workshops, the third level (Appendix A) and fourth level (Appendix B) of the Syllabus were developed.

Peer Review

The second draft of each of the 13 second-level topics in Sections 2 through 4 of the Syllabus was sent to disciplinary experts for review, that is, communications experts reviewed 3.1, design experts reviewed 4.4, etc. Through the expert reviews, we identified additional comprehensive source documents, as well as detailed references appropriate for each section. The peer reviewers also helped us to make the document more consistent with the organization of knowledge and terminology used by professionals in each of the fields. Combining the results of the peer review, and the check of additional comprehensive and detailed sectional references, we completed the third major draft of the Syllabus.

Collaborator review

In 2000, the CDIO Initiative was just beginning. Up to this point, the Syllabus had been under development at MIT. However, the final drafting of version 1.0 of the Syllabus became one of the first projects of the new collaboration. The Syllabus was reviewed from a European perspective, and, respectively, by mechanical, systems/IT, and transportation engineering faculty from Chalmers University of Technology, Linköping University, and the Royal Institute of Technology (KTH). This review surfaced many details that were specific to the U. S., to MIT, or to aerospace engineering. The outcome was a “translation” of the document into more generic form, with an attempt to find more universal terminology. Section 3.3, Communications in Foreign Languages, was also added at this time.

This multi-step process led to the publication of Version 1.0 of the CDIO Syllabus in 2001 [3].

Revising the Syllabus to Create Version 2.0

Since the CDIO Syllabus was first drafted more than ten years ago, it has been a remarkably stable document, serving programs in all domains of engineering in educational institutions of all types throughout the world. However, there have been pressures to change the Syllabus. These pressures have two primary sources. The first pressure arises from the development of new taxonomies of knowledge that surface new issues or organizations that should be considered. The second pressure comes from questions from users of the Syllabus looking for clarification or for knowledge and skill areas that seem to be missing. We review the correlation of the CDIO Syllabus with other documents, and then summarize the most frequently heard user concerns.

Comparison with ABET

The most common comparison documents for the CDIO Syllabus are those of national accreditation or evaluation bodies, usually produced by governments or professional societies. CDIO programs at different universities worldwide usually need to meet their respective national or accreditation standards, for example, ABET in the United States [4] or the National Agency for Higher Education in Sweden [11]. This need brings the correlation of the CDIO Syllabus with national outcomes requirements into focus. During the development of the first version of the CDIO Syllabus, it was correlated with the outcomes criteria of ABET EC2000. The updated Syllabus has been correlated with ABET EC2010. [4] The most relevant section of ABET EC2010 is Criterion 3 on *Program Outcomes and Assessment*. (Additions to the EC2000 criteria are underlined.)

Engineering programs must demonstrate that their graduates have

- (a) an ability to apply knowledge of mathematics, science, and engineering
- (b) an ability to design and conduct experiments, as well as to analyze and interpret data
- (c) an ability to design a system, component, or process to meet desired needs within realistic constraints, such as economic, environmental, social, political, ethical, health and safety, manufacturability, and sustainability
- (d) an ability to function on multidisciplinary teams
- (e) an ability to identify, formulate, and solve engineering problems

- (f) an understanding of professional and ethical responsibility
- (g) an ability to communicate effectively
- (h) the broad education necessary to understand the impact of engineering solutions in a global, economic, societal and environmental context
- (i) a recognition of the need for, and an ability to engage in, life-long learning
- (j) a knowledge of contemporary issues
- (k) an ability to use the techniques, skills, and modern engineering tools necessary for engineering practice.

The correlation of the CDIO Syllabus with ABET EC2010 Criterion 3 is shown in Figure 4. In general, the CDIO Syllabus reflects a more encompassing view of engineering than does ABET EC2010, by considering the full product/system/process lifecycle, including the implementing and operating life phases, whereas the ABET EC2010 criteria focus on the design phase. Overall, the CDIO Syllabus includes all of the ABET EC2010 criteria, but the reverse is not the case. The ABET criteria omit references to a wide array of skills and attitudes in Section 2.4 of the CDIO Syllabus, including creative and critical thinking, as well as the skill of communicating in foreign languages (3.3). However, the major advantage of the CDIO Syllabus is that it is more detailed, containing two or three more levels of detail than do the ABET EC2010 criteria. The increased levels of detail facilitate the interpretation of general statements, such as “communicate effectively”, that are common in national outcomes requirements.

CDIO Syllabus	ABET EC2010 Criterion 3											
	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	
1.1 Knowledge of Underlying Mathematics, Science	■											
1.2 Core Engineering Fundamental Knowledge	■											
1.3 Adv. Engr. Fund. Knowledge, Methods, Tools	■										■	
2.1 Analytical Reasoning and Problem Solving					■						■	
2.2 Exper., Investigation and Knowledge Discovery		■										
2.3 System Thinking			■									
2.4 Attitudes, Thought and Learning									■			
2.5 Ethics, Equity and Other Responsibilities						■					■	
3.1 Teamwork				■								
3.2 Communications						■						
3.3 Communication in Foreign Languages							■					
4.1 External, Societal and Environmental Context			■					■		■		
4.2 Enterprise and Business Context			■					■				
4.3 Conceiving, Systems Engr. and Management			■									
4.4 Designing			■									
4.5 Implementing			■									
4.6 Operating			■									
	■	Strong Correlation					■	Good Correlation				

Figure 4. The CDIO Syllabus correlated with ABET EC2010 Criterion 3

Comparison with CEAB and other National Evaluation Documents

In September 2008, *Engineers Canada*, through its Canadian Engineering Accreditation Board (CEAB), published a new set of accreditation criteria and procedures.[12] The criteria include 12 graduate attributes that are well correlated with the CDIO Syllabus:

- 3.1.1. Knowledge Base for Engineering
- 3.1.2. Problem Analysis
- 3.1.3. Investigation
- 3.1.4. Design
- 3.1.5. Use of Engineering Tools
- 3.1.6. Individual and Team Work
- 3.1.7. Communication Skills
- 3.1.8. Professionalism
- 3.1.9. Impact of Engineering on Society and the Environment
- 3.1.10. Ethics and Equity
- 3.1.11. Economics and Project Management
- 3.1.12. Life-Long Learning

The correlation of the CDIO Syllabus with the CEAB criteria is illustrated in Figure 5 [13] Again, the CDIO Syllabus is more comprehensive than the national criteria, although the mapping between the two is good. The CDIO Syllabus at the third level of detail provides a more refined definition of the 12 graduate attributes specified in the new CEAB document, and can help institutions to meet these new criteria.

CDIO Syllabus	CEAB Graduate Attributes Criteria 3.1											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.1 Knowledge of Underlying Mathematics, Science	■											
1.2 Core Engineering Fundamental Knowledge	■											
1.3 Advanced Eng. Fundamental Knowledge, Methods, Tools	■				■							
2.1 Analytical Reasoning and Problem Solving		■									■	
2.2 Experimentation, Investigation and Knowledge Discovery			■				■					
2.3 System Thinking												
2.4 Attitudes, Thought and Learning		■	■	■	■							■
2.5 Ethics, Equity and Other Responsibilities								■		■		■
3.1 Teamwork						■						
3.2 Communications							■					
3.3 Communication in Foreign Languages												
4.1 External, Societal and Environmental Context								■	■			
4.2 Enterprise and Business Context											■	■
4.3 Conceiving, Systems Engineering and Management				■					■		■	
4.4 Designing				■								
4.5 Implementing												
4.6 Operating				■								
	■	Strong Correlation					■	Good Correlation				

Figure 5. The CDIO Syllabus correlated with the CEAB Graduate Attributes

Subsequent analyses compared the CDIO Syllabus with national and international standards, such as the British UK-SPEC, the Dublin Descriptors, and the Swedish national engineering degree requirements [14], as well as the European EUR-ACE framework standards for accreditation of engineering programs [15]. Across all these

comparisons, a similar pattern appears: The CDIO Syllabus states outcomes for engineering education that reflect a broader view of the engineering profession, and its greater levels of detail facilitate program and course development. A program whose design is based on the CDIO Syllabus will also satisfy its national requirements for specified program outcomes.

The principal modifications in the CDIO Syllabus that were identified by detailed comparisons with national accreditation and evaluation documents were primarily the clarification of some of the topics so that the correspondence is more explicit. The following changes were made in version 2.0 of the Syllabus: (see Appendix A and Appendix B)

- 1.0 -- Change to *Disciplinary Knowledge and Reasoning* (Swedish Ordinance and EUR-ACE)
- 1.1 -- Add *Mathematics* (ABET)
- 1.3 -- Add *Methods and Tools* (ABET and CEAB)
- 2.1 -- Change to *Analytical Reasoning and Problem Solving* (ABET and CEAB)
- 2.2 -- Add *Investigation* to the title (CEAB)
- 2.5.1 -- Change to *Ethics, Integrity, and Social Responsibility* (ABET and CEAB)
- 2.5.5 -- Add *Equity and Diversity* (CEAB)
- 3.1.5 -- Add *Multidisciplinary Teaming* (ABET and CEAB)
- 3.2.7 -- Add *Inquiry, Listening and Dialogue* (CEAB)
- 4.2.7 -- Add *Engineering Project Finance and Economics* (CEAB and UK-SPEC)
- 4.3.1 -- Add *Understanding Needs* (ABET and CEAB)
- 4.3.3 -- Add *Systems Engineering* (CEAB)
- 4.4.6 -- Modify to indicate *safety* (CEAB)

Modifications Based on User Feedback

Innovation and Invention

In the last decade, the concept of innovation as a role or purpose of engineering has become commonly accepted. However, there are several different understandings of the word *innovation*. The broader one is the development and exploitation of new ideas. A more specific understanding applicable to engineering is that *innovation* is the development and introduction into the market of new goods and services. If one accepts this latter definition, innovation is just the market-oriented view of what the CDIO Syllabus defines in Sections 4.2 through 4.6 – Conceiving, System Engineering and Management, Designing, Implementing, and Operating, within an enterprise. More emphasis may need to be placed on understanding the market and user needs as a basis for developing goals, but otherwise, the skills and knowledge necessary to foster this more specific use of innovation is included in the CDIO Syllabus. *Invention* refers to the development of new technologies that may enable innovations, including their incorporation into products and services that will be delivered. While invention is present in the CDIO Syllabus, it is made explicit only at the fourth level of detail. It was necessary to raise the visibility of this important engineering function.

With respect to innovation and invention, the following modifications to the CDIO Syllabus are incorporated into version 2.0: (see Appendix A and Appendix B)

- 4 -- Add *Innovation* to the title
- 4.2.2 -- Change to *Enterprise Stakeholders, Strategy and Goals*
- 4.2.6 -- Add *New Technology Development and Assessment*
- 4.2.7 -- Add *Engineering Project Finance and Economics*

- 4.3.1 -- Change to *Understanding Needs and Setting Goals*

Sustainability

During the last decade, the importance of sustainable development has become widely recognized. Future engineers need to be able to mitigate the negative environmental consequences of current energy and production systems, and create new ones that are essentially carbon neutral. It follows that engineering education must emphasize sustainability principles. In this context, the CDIO Syllabus, v1.0, had received some criticism, as sustainability is mentioned in only one place, at the fourth level of detail, under 4.4.6. The low visibility has been interpreted as insufficient emphasis on this topic.

However, it could also be argued that CDIO is fundamentally aligned with the ideas of sustainability: Engineers are said to conceive, design, implement and operate complex technical systems with the entire product/process/system lifecycle in mind. Moreover, sustainability is a complex concept. It includes three main dimensions: economic, environmental, and social sustainability, including both subject matter and judgmental aspects, such as, ethics and decision-making [16]. There are many places in the CDIO Syllabus that emphasize the lifecycle perspective, for example, requirements should cover all phases of the lifecycle; analyses should be made of lifecycle values and costs; and product retirement should be planned ahead. With this broader perspective in mind, links between sustainability principles and CDIO Syllabus topics were identified [17]. In essence, we concluded that the CDIO Syllabus does support the development of an engineering education that strongly considers sustainability. Nevertheless, the visibility of the concept of sustainability needed to be strengthened in the CDIO Syllabus, signaling its importance to students, industry, and program and course developers.

Based on these issues of *sustainability*, the following modifications to the CDIO Syllabus are incorporated into version 2.0: (see Appendix A and Appendix B)

- 4 -- Include *Environmental*
- 4.1 -- Include *Environmental*
- 4.1.7 -- Add *Sustainability and the Need for Sustainable Development*
- 4.4.6 -- Make *Design for Sustainability* more explicit
- 4.5.1 -- Change to *Designing a Sustainable Implementation Process*
- 4.6.1 -- Change to *Designing and Optimizing Sustainable and Safe Operations*

Internationalization and Mobility

Engineers increasingly work with international partners at a site, in multinational companies, and with companies, suppliers or markets in different lands. The engineering workforce itself is more mobile, and it is not uncommon for engineers to work in nations other than the one in which they received their training. In order to prepare students for this future, there were several subtle but meaningful changes made to the Syllabus:

- 4.1.6 -- Add *Developing a Global Perspective*
- 4.2.5 -- Add *Working in International Organizations*

The Syllabus already had several sections pertinent to internationalization, including 3.3 Communications in Foreign Languages and reference in 2.5.2 to international norms. The two new topics work in concert with other aspects of the Syllabus to prepare a student for mobility and international efforts.

Other Critiques and Inputs

Over the years, several universities have observed that the CDIO Syllabus does not place sufficient emphasis on the topics of ethics, morality, and social responsibility. For

example, two universities in Chile adapted the CDIO Syllabus to their programs by adding to 2.4 the following (translated from the Spanish): *Commitment to Christian principles*; *Concern for those in great need*; and *Concern for the environment*. In response to this criticism, Section 2.5 was renamed as *Ethics, Equity and Other Responsibilities*, and 2.5.5 *Equity and Diversity* and 2.5.6 *Trust and Loyalty* were added.

Others have observed that, while the CDIO Syllabus covers aspects of formal communication well, that is, writing, oral presentations, and graphics, it could be more explicit about informal and interpersonal communications. This led to the inclusion of several new topics in Section 3.2, including:

- 3.2.7 – Add *Inquiry, Listening and Dialog*
- 3.2.8 – Add *Negotiation, Compromise and Conflict Resolution*
- 3.2.9 – Add *Advocacy*
- 3.2.10 – Add *Establishing Diverse Connections and Networking*

Another important critique is based on the work of Johan DeGraeve, which proposes a *Five-E Model* for engineering education. The model, developed at Group T International University College in Leuven, Belgium, describes five “E” terms around which their program of educating *integral engineers* is built. [18] The first three E’s represent the roles engineers play in society.

1. **ENGINEERING** -- making things
Integral engineers create by making use of technology and the underlying sciences. They are familiar with a multidisciplinary approach.
2. **ENTERPRISING** -- getting things done
Integral engineers have vision. On this basis, they define a mission around which they gather others. Through innovation, daring and leadership they effectively get things done.
3. **EDUCATING** -- developing oneself and others
Integral engineers are capable of coaching themselves, others, and teams. Their ideal is the development of each and everyone.
4. **ENVIRONMENTING** -- embracing all elements
Integral engineers are conscious of the influence of technology on the world, and vice versa. This is why they take into account the impact of their actions on ethics, ecology, aesthetics and economics within a globalizing and ever-evolving world.
5. **ENSEMBLING** -- transcending and including
Integral engineers see the coherence of things. By differentiating and integrating, and approaching all things from different angles, they achieve deeper insights and arrive at ever-richer experiences.

Based on a review of this document, the following minor changes were made to the Syllabus in version 2.0:

- 2.4.5 -- Add *Knowledge Integration (Ensembling)*
- 2.4.6 -- *Educating* was added

While helpful in rounding out the Syllabus, these modest changes do not necessarily capture the full scope of DeGraeve’s vision of engineering education.

The net result of this process of comparison with national accreditation and evaluation document, user and other feedback is the revised version 2.0 of the CDIO Syllabus, found in Appendix A and Appendix B.

LEADERSHIP AND ENTREPRENEURSHIP

In modern society, engineers are increasingly expected to move to positions of leadership and to take on additional roles as entrepreneurs. Leadership is not necessarily positional, that is, a leader need not be a boss, manager, director or president. *Leadership* refers to the role of helping to organize effort, create vision, and facilitate the work of others. In the context of engineering, senior engineers are the ones who most often lead. *Entrepreneurship* in this context refers to the specific activity of creating and leading a new enterprise. Many, but not all, new enterprises are built around a product or technology, and involve entrepreneurial engineers. In this section, we explore the degree to which *leadership* and *entrepreneurship* are already included in the CDIO Syllabus v2.0, and the extensions that are necessary to more adequately address these two important roles of engineers.

Engineering leadership and entrepreneurship are not orthogonal to the skills already contained in the CDIO Syllabus. After all, the goal of the CDIO approach is “To educate students who are able to:

- Master a deeper working knowledge of technical fundamentals
- Lead in the creation and operation of new products, processes, and systems...” [1]

The knowledge, skills, and attitudes needed in the creation and operation of new products, processes, and systems should, therefore, already be contained in the CDIO Syllabus. In fact, there is a broad overlap, both between leadership and entrepreneurship, and between the two of them and the skills already in the Syllabus. To a certain extent, the three are just different profiles of the same broader set of skills, as suggested in Figure 6. This Venn diagram suggests the organization of the discussion that follows. We have already reviewed the CDIO Syllabus v2.0. Here, we discuss what could be added to expand the topics in the Syllabus beyond the already proposed modifications, to include *Engineering Leadership*. Finally, we examine what other topics are needed to embrace *Entrepreneurship*.

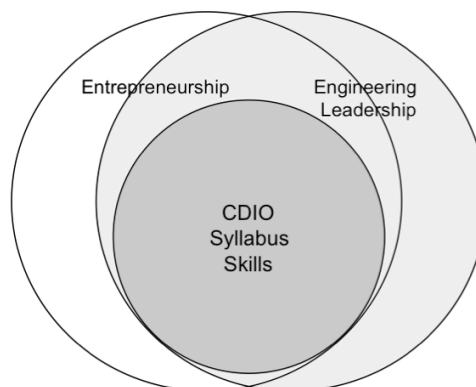


Figure 5. The overlapping relationship between the knowledge, skills and attitudes in the CDIO Syllabus, engineering leadership, and entrepreneurship

We recognize that many programs that use the CDIO Syllabus do not address leadership and entrepreneurship in their programs. For this reason, we have created an extension of the CDIO Syllabus for Leadership and Entrepreneurship, with the additional content discussed below. (see Appendix A and Appendix B)

The Expansion of the CDIO Syllabus to Include Engineering Leadership

Some, if not all, engineers will move, at some point in their careers, to positions of technical or engineering leadership, ranging from being a leader of a small team, to being the technical leader of an entire enterprise. Leadership is explicitly discussed in Section 3.1.4 of the CDIO Syllabus, but this topic discusses the skills needed in leading small groups, and is only a placeholder for the wider set of skills that an engineering leader is required to have. These skills include character traits, such as loyalty and integrity, and abilities, such as the ability to make sense of complex contextual information, to relate and persuade, to create transformational visions, and to deliver on those visions. In this section, we discuss relevant contemporary models of leadership, and propose extensions to the CDIO Syllabus.

Leadership Models

Much has been written over the years about the qualities of a leader. In contemporary scholarship, organizational leadership is closely studied by those in organizational behavior groups, often at schools of business or management. Diverse fields, including business, government, and the military have adopted these organizational models, and customized them to their respective domains. Generic models of leadership, then, can be customized for engineering contexts.

Among the many views of leadership development, the general approaches that may best fit engineering contexts are those that function in environments of change, uncertainty, and the deliberate pursuit of invention. [19] One school of thought that stands out is *Transformational Leadership* because of its emphasis on a driving need to change and to mobilize resources in new ways, requiring new visions of the future. [20] This model resonates with leaders of groups that use applied science and engineering to generate new products that may require redefining markets and business models.

Contingency theory reminds leaders that over time no single approach to leadership will fit all situations, and one must continually assess one's environment to provide appropriate leadership. [21] This approach thus incorporates the importance of providing vision and strong direction in one circumstance, and also recognizes when one might lead best by creating a stable and supportive environment in which others might lead. This view suggests that engineering leadership in a change-driven environment is situational. [22] The complex and specialized nature of engineering requires that leadership be found everywhere. There are instances when one must be able to listen to the technician on the shop floor who might be the first to see the solution to a design-for-production problem. In advancing technical fields, the individuals looking outward from the company at new technologies, and those working in an organization's laboratories, provide a kind of technology leadership. Others who follow markets, and observe novel uses of products that are enhancing or eroding markets, must exert a kind of situational leadership as well. All of these leaders need first to recognize that change is occurring, to make sense of what they are seeing and to communicate effectively with others.

The Four Capabilities Leadership Framework

The *Four Capabilities Leadership Framework*, developed at the Sloan School of Management at MIT, provides a scheme that organizes key leadership concepts as a foundation for engineering leadership education. [23] It begins with four assumptions: that leadership is distributed; that it is personal; that it continues to develop throughout one's career, and thus changes over time; and that each individual invents his/her own framework for how he/she will lead. The central skills are

1. *Sensemaking* -- making sense of the context of the changing world around us, including the use of small experiments to test and gain information
2. *Relating* -- developing trusted relationships with diverse individuals, using inquiry to know how to communicate effectively. and leadership through advocacy, even if one is not a formal leader
3. *Visioning* -- both to create a vision for oneself and to convey that vision to others
4. *Realizing the Vision (Inventing)* -- takes on a more complex meaning for engineers. Engineering leaders, like other leaders, need to invent ways to think through situations, and create ways of organizing their work with others. For engineers, the tasks of organizing work are central to their profession. This organization may involve establishing design teams, designing, setting up production and implementation, establishing who will do testing and by what means, operating, and a host of other activities.

The Bernard M. Gordon – MIT Engineering Leadership Program adapted this generic model of leadership to the context of engineering. Two sets of skills were added to the MIT Sloan Four Capabilities Model. The first set includes issues of leadership that have to do with attitudes and character, for example, initiative, the will to deliver, resourcefulness, integrity, and loyalty. The second set concentrates on a firm foundation of engineering knowledge and skills. The customized leadership model has six central skills:

1. The Attitudes of Leadership - Core Personal Values and Character
2. Relating to Others
3. Making Sense of the Context
4. Creating a Purposeful Vision
5. Realizing the Vision
6. Technical Knowledge and Critical Reasoning

Information about the *Gordon-MIT Engineering Leadership Program* can be found at <http://web.mit.edu/gordonelp>.

Comparing the structure of the *Gordon-MIT Engineering Leadership Program Capabilities of an Engineering Leader* with the CDIO Syllabus reveals a great deal of overlap. Version 2.0 of the Syllabus captures virtually all of the ideas contained in the first three sections of the *Capabilities of an Engineering Leader*, namely:

- **Attitudes of Leadership – Core Personal Values and Character**, including topics in Attitudes, Thought and Learning (2.4), and in Ethics, Equity and Other Responsibilities (2.5)
- **Relating to Others**, including topics in Teamwork (3.1), Communications (3.2) and potentially Communications in Foreign Languages (3.3)
- **Making Sense of Context**, including topics in External, Societal and Environmental Context (4.1), Enterprise and Business Context (4.2) Conceiving, Systems Engineering and Management (4.3) and System Thinking (2.3)

In addition, a new section 4.7 *Leading Engineering Endeavors* has been added to the Extended Syllabus v2.0. This new section defines the remaining topics in *Creating a Purposeful Vision* (4.7.1 to 4.7.4) and *Realizing the Vision* (4.7.5 to 4.7.10). (see Appendix A and Appendix B)

Creating a Purposeful Vision

- 4.7.1 – *Identifying the Issue, Problem or Paradox* (expands 4.3.1)
- 4.7.2 – *Thinking Creatively and Imagining Possibilities* (expands 2.4.3)
- 4.7.3 – *Defining the Solution* (expands 4.3.1)
- 4.7.4 – *Creating New Solution Concepts* (expands 4.3.2 and 4.3.3)

Realizing the Vision

- 4.7.5 – *Building and Leading an Organization and an Extended Organization* (builds on 4.2.4 and 4.2.5)
- 4.7.6 – *Planning and Managing a Project to Completion* (builds on 4.3.4)
- 4.7.7 – *Exercising Project/Solution Judgment and Critical Reasoning* (builds on 2.3.4 and 2.4.4)
- 4.7.8 – *Innovation* – the conception, design and introduction of new goods and services (the leadership of 4.3 and 4.4)
- 4.7.9 – *Invention* – the development of new devices, materials or processes that enable new goods and services (expands 4.2.6)
- 4.7.10 – *Implementation and Operation* – the creation and operation of the goods and services that will deliver value (the leadership of 4.5 and 4.6)

The Expansion of the CDIO Syllabus to Include Entrepreneurship

Successful engineering entrepreneurship consists of engineering, plus engineering leadership, plus specific domain knowledge associated with business formulation and start-ups. As illustrated in Figure 6, we now define the knowledge and skills necessary for *Entrepreneurship*, over and above those described in the baseline CDIO Syllabus, v. 2.0, with the extension for engineering *Leadership*. Again, we examine appropriate models of entrepreneurship on which to base the discussion.

In the view of classical economics, *entrepreneurship* involves the redirection and mobilization of capital and human resources to form a new economic activity. This perspective considers any major innovation in an established firm to be entrepreneurship if it involves a novel economic activity that departs from the firm's prior business model, and accepts the risks of placing substantial investments in new products and creating new markets that did not previously exist. Today, the term *entrepreneurship* generally refers exclusively to starting a new company, while launching a radically new line of business is sometimes called *intrapreneurship*, or more simply *innovation* (as was discussed in a previous section). [24]

Engineering education should prepare students for both forms of entrepreneurship, which are more easily accommodated than intrapreneurship. In many instances, science- and technology-based discovery and invention in established companies may not require business innovation because often they do not require changes in markets. When engineering is a major component of a product that is intended to disrupt existing markets, much more care is needed in the design process, and the engineer needs to understand the trade-offs between product novelty and importance of time to market, product margins and hurdle rates needed to justify company investment, and other business considerations that influence design and implementation strategies. These

issues are well addressed in the product development literature and can be included without difficulty in any engineer's education. In the context of the CDIO Syllabus, these aspects of learning would be largely addressed by the modifications discussed with respect to innovation.

Preparation for entrepreneurship, that is, the start of a new company, involves unique competencies. There are analogues, such as the similarity between recognizing new opportunities enabled by advancing technology, or writing business plans for either a new product line or a new company. However, there is an array of skills that engineers in an established company might never face, such as finding and hiring an entire company of talented professionals willing to accept risk, using equity to motivate innovation, or creating a new company culture where none existed.

In order to capture these additional skills of entrepreneurship, Section 4.8 was added to the Extended Syllabus v2.0. This new section includes the following topics: (see Appendix A and Appendix B)

- 4.8.1 -- *Company Founding, Formulation, Leadership and Organization*
- 4.8.2 -- *Business Plan Development*
- 4.8.3 -- *Company Capitalization and Finances*
- 4.8.4 -- *Innovative Product Marketing*
- 4.8.5 -- *Conceiving Products and Services Around New Technologies*
- 4.8.6 -- *The Innovation System, Networks, Infrastructure, and Services*
- 4.8.7 -- *Building the Team and Initiating Engineering Processes* (conceiving, designing, implementing and operating)
- 4.8.8 -- *Managing Intellectual Property*

SUMMARY

This paper has presented the following key concepts:

- The CDIO Syllabus was designed to be a rational, detailed, and relatively complete taxonomy for the knowledge, skills, and attitudes that graduating engineers should possess; and, it has been stable for almost ten years
- Its high-level structure was shown to be consistent with the Four Pillars of Learning outlined by UNESCO
- The Syllabus was instrumental in the design of constructively aligned learning outcomes, curricula, teaching approaches, student learning assessment, and program evaluation, and was found to be an effective way in which faculty communicate and benchmark their practice
- The CDIO Syllabus showed very good alignment with other outcomes-based taxonomies developed by national accreditation and evaluation bodies, and in many cases, was found to be more comprehensive and more detailed
- Based on comparisons with other taxonomies, and the frequent user questions raised over the years, particularly concerning innovation, invention, internationalization and sustainability, modifications in content and in labeling have been incorporated into Version 2.0 of the CDIO Syllabus
- In order to meet the needs of programs that explicitly address engineering leadership and entrepreneurship, an optional extension to the CDIO Syllabus has been developed

Benefits of the CDIO Syllabus were shown to apply to individual faculty, students, the engineering world, and the larger academic community.

- The detail in the CDIO Syllabus allowed individual faculty to gain detailed insight into its content and objectives, contemplate the deployment of these skills into a curriculum, and prepare teaching and assessment plans
- Adopting and disseminating the CDIO Syllabus facilitated comprehensive and rigorous education in its topics that benefited
 - students who enter engineering practice or research
 - industry that will reap the rewards of new engineers prepared to take the reigns of leadership, and
 - humankind who will enjoy improvement to the quality of life that comes with better products and services
- Widespread adoption of the CDIO Syllabus also facilitated the sharing of best curricular and pedagogic approaches, and promoted the development of standardized assessment tools, which resulted in better outcomes-based assessment.

REFERENCES

- [1] Crawley, E. F., Malmqvist, J., Östlund, S., and Brodeur, D. R., *Rethinking Engineering Education: The CDIO Approach*, Springer-Verlag, New York, 2007.
- [2] Crawley, E. F., Cha Jianzhong, Malmqvist, J., and Brodeur, D.R., “The Context of Engineering Education”, *Proceedings of the 4th International CDIO Conference*, Hogeschool Gent, Gent, Belgium, June 16-19, 2008.
- [3] Crawley, E. F., *The CDIO Syllabus: A Statement of Goals for Undergraduate Engineering Education*, Department of Aeronautics and Astronautics, Massachusetts Institute of Technology, 2001. Available at <http://www.cdio.org>. Accessed June 15, 2011.
- [4] Accreditation Board of Engineering and Technology, *Criteria for Accrediting Engineering Programs: Effective for Evaluations during the 2010-2012 Accreditation Cycle*, 2010. Available at <http://www.abet.org>. Accessed June 15, 2011.
- [5] European Commission: DG Education and Culture, *The European Qualification Framework for Lifelong Learning (EQF)*, Office for Official Publications of the European Communities, Luxemburg, 2008.
- [6] ENAEE (European Network for Accreditation of Engineering Education), *EUR-ACE Framework Standards for the Accreditation of Engineering Programmes*, 2008. Available at <http://www.enaee.eu/the-eur-ace-system/eur-ace-framework-standards/>. Accessed June 15, 2011.
- [7] Delors, J., et al., *Learning – the Treasure Within: Report to UNESCO of the International Commission on Education for the Twenty-First Century*, UNESCO Publishing, Paris, France, 1996.
- [8] Biggs, J., *Teaching for Quality Learning At University*, 2nd ed., The Society for Research into Higher Education and Open University Press, Berkshire: England, 2003.
- [9] Wiggins, G., and McTighe, J., *Understanding by Design*, exp. 2nd ed., Prentice-Hall, Upper Saddle River, New Jersey, 2005.

- [10] The Boeing Company, "Desired Attributes of an Engineer: Participation with Universities", 1996. Available at <http://www.boeing.com/educationrelations/attributes.html>. Accessed June 15, 2011.
- [11] Högskoleverket, *Utvärdering av utbildningar till civilingenjör vid svenska universitet och högskolor – fulltextversion (Evaluation of "Civilingenjör" Degree Programs at Swedish Universities)*, Rapport 2006:8 R, Högskoleverket, Stockholm, Sweden, 2006.
- [12] Canadian Engineering Accreditation Board (CEAB), *Accreditation Criteria and Procedures*, 2010. Available at http://www.engineerscanada.ca/e/pu_ab.cfm. Accessed June 15, 2011.
- [13] Cloutier, G., Hugo, R., and Sellens, R., "Mapping the Relationship Between the CDIO Syllabus and the CEAB Graduate Attributes: An Update", Proceedings of the 7th International CDIO Conference, Technical University of Denmark, Copenhagen, June 20-23, 2011.
- [14] Malmqvist, J., *Relation between the Dublin Descriptors and Program Goal Statements based on the CDIO Syllabus*, Technical Report, Chalmers University of Technology, Göteborg, 2006.
- [15] Malmqvist, J., "A Comparison of the CDIO and EUR-ACE Quality Assurance Systems", *Proceedings of the 5th International CDIO Conference*, Singapore Polytechnic, Singapore, 2009.
- [16] The World Commission on Environment and Development (WCED), *Our Common Future*. Oxford University Press, Oxford, UK. 1987.
- [17] Knutson Wedel, M., Malmqvist, J., Arehag, M., Svanström, M. "Implementing Engineering Education for Environmental Sustainability into CDIO Programs", *Proceedings of the 4th International CDIO Conference*, Gent, Belgium, 2008.
- [18] Group T, Leuven, Belgium, *Key Terms: The Five E's*. Available at http://www.groupt.be/www/bachelor_programs/vision_of_engineering/key-terms-the-5-es. Accessed June 15, 2011.
- [19] Boynton, A., and Fischer, B., *Virtuoso Teams: Lessons From Teams That Changed Their Worlds*, Prentice-Hall, New York, 2005.
- [20] Bass, B. M., *Transformational Leadership*, Lawrence Erlbaum, London, 1998.
- [21] Northouse, P. G., *Leadership: Theory and Practice*, 4th ed., Sage Publications, Thousand Oaks, California, 2007.
- [22] Burton, R. M., Eriksen, B., and Hakonsson, D. D., *Organizational Design: The Evolving State of the Art*, Springer, New York, 2006.
- [23] Ancona, D., *Leadership in the Age of Uncertainty*. Available at <http://mitleadership.mit.edu/pdf/LeadershipinanAgeofUncertainty-researchbrief.pdf>. Accessed June 15, 2011.
- [24] Menzel, H. C., Aaltio, I., and Aaltio, U., "On the Way to Creativity: Engineering as Intrapreneurship in Organizations", *Technovation*, 27, 2007, 732-743.

BIOGRAPHICAL INFORMATION

Edward F. Crawley is Ford Professor of Engineering, and Professor of Aeronautics and Astronautics and of Engineering Systems at MIT. He is Co-Director of the CDIO Initiative, and co-authored *Rethinking Engineering Education: The CDIO Approach*. He currently directs the MIT-Bernard M. Gordon Engineering Leadership Program, and can be reached at crawley@mit.edu.

Johan Malmqvist is Professor in Product Development and Dean of Education at Chalmers University of Technology, Göteborg, Sweden. He is Co-Director of the CDIO Initiative, and co-authored *Rethinking Engineering Education: The CDIO Approach*. His current research focuses on information management in the product development process (PLM), development of product-service systems, and curriculum development methodology. He can be reached at johan.malmqvist@chalmers.se.

William A. Lucas is Director of Research for the MIT-Bernard M. Gordon Engineering Leadership Program. He conducts research on the role of self-efficacy and intention in engineering and entrepreneurship education, and has assessed numerous educational programs in the United States and the United Kingdom. He can be reached at walucas@mit.edu.

Doris R. Brodeur is Professor of Education, serving as an Assessment and Evaluation Specialist at MIT. She co-authored *Rethinking Engineering Education: The CDIO Approach*, and designs and conducts workshops on the CDIO approach. She can be reached at dbrodeur@mit.edu.

Corresponding Author

Dr. Edward F. Crawley
Massachusetts Institute of Technology
77 Massachusetts Avenue – 33-402
Cambridge, MA 02139
1-617-253-3251
crawley@mit.edu

APPENDIX A
CONDENSED CDIO SYLLABUS v2.0
JUNE 2011

- 1 DISCIPLINARY KNOWLEDGE AND REASONING**
 - 1.1 KNOWLEDGE OF UNDERLYING MATHEMATICS AND SCIENCES**
 - 1.2 CORE ENGINEERING FUNDAMENTAL KNOWLEDGE**
 - 1.3 ADVANCED ENGINEERING FUNDAMENTAL KNOWLEDGE, METHODS AND TOOLS**
- 2 PERSONAL AND PROFESSIONAL SKILLS AND ATTRIBUTES**
 - 2.1 ANALYTICAL REASONING AND PROBLEM SOLVING**
 - 2.1.1 Problem Identification and Formulation
 - 2.1.2 Modeling
 - 2.1.3 Estimation and Qualitative Analysis
 - 2.1.4 Analysis With Uncertainty
 - 2.1.5 Solution and Recommendation
 - 2.2 EXPERIMENTATION, INVESTIGATION AND KNOWLEDGE DISCOVERY**
 - 2.2.1 Hypothesis Formulation
 - 2.2.2 Survey of Print and Electronic Literature
 - 2.2.3 Experimental Inquiry
 - 2.2.4 Hypothesis Test and Defense
 - 2.3 SYSTEM THINKING**
 - 2.3.1 Thinking Holistically
 - 2.3.2 Emergence and Interactions in Systems
 - 2.3.3 Prioritization and Focus
 - 2.3.4 Trade-offs, Judgment and Balance in Resolution
 - 2.4 ATTITUDES, THOUGHT AND LEARNING**
 - 2.4.1 Initiative and the Willingness to Make Decisions in the Face of Uncertainty
 - 2.4.2 Perseverance, Urgency and Will to Deliver, Resourcefulness and Flexibility
 - 2.4.3 Creative Thinking
 - 2.4.4 Critical Thinking
 - 2.4.5 Self-awareness, Metacognition and Knowledge Integration
 - 2.4.6 Lifelong Learning and Educating
 - 2.4.7 Time and Resource Management
 - 2.5 ETHICS, EQUITY AND OTHER RESPONSIBILITIES**
 - 2.5.1 Ethics, Integrity and Social Responsibility
 - 2.5.2 Professional Behavior
 - 2.5.3 Proactive Vision and Intention in Life
 - 2.5.4 Staying Current on the World of Engineering
 - 2.5.5 Equity and Diversity
 - 2.5.6 Trust and Loyalty
- 3 INTERPERSONAL SKILLS: TEAMWORK AND COMMUNICATION**
 - 3.1 TEAMWORK**
 - 3.1.1 Forming Effective Teams
 - 3.1.2 Team Operation
 - 3.1.3 Team Growth and Evolution
 - 3.1.4 Team Leadership
 - 3.1.5 Technical and Multidisciplinary Teaming
 - 3.2 COMMUNICATIONS**
 - 3.2.1 Communications Strategy
 - 3.2.2 Communications Structure
 - 3.2.3 Written Communication
 - 3.2.4 Electronic/Multimedia Communication
 - 3.2.5 Graphical Communication
 - 3.2.6 Oral Presentation
 - 3.2.7 Inquiry, Listening and Dialog
 - 3.2.8 Negotiation, Compromise and Conflict Resolution
 - 3.2.9 Advocacy
 - 3.2.10 Establishing Diverse Connections and Networking
 - 3.3 COMMUNICATIONS IN FOREIGN LANGUAGES**
 - 3.3.1 Communications in English
 - 3.3.2 Communications in Languages of Regional Nations
 - 3.3.3 Communications in Other Languages
- 4 CONCEIVING, DESIGNING, IMPLEMENTING, AND OPERATING SYSTEMS IN THE ENTERPRISE, SOCIETAL AND ENVIRONMENTAL CONTEXT – THE INNOVATION PROCESS**
 - 4.1 EXTERNAL, SOCIETAL, AND ENVIRONMENTAL CONTEXT**
 - 4.1.1 Roles and Responsibility of Engineers
 - 4.1.2 The Impact of Engineering on Society and the Environment

- 4.1.3 Society's Regulation of Engineering
- 4.1.4 The Historical and Cultural Context
- 4.1.5 Contemporary Issues and Values
- 4.1.6 Developing a Global Perspective
- 4.1.7 Sustainability and the Need for Sustainable Development
- 4.2 ENTERPRISE AND BUSINESS CONTEXT**
- 4.2.1 Appreciating Different Enterprise Cultures
- 4.2.2 Enterprise Stakeholders, Strategy and Goals
- 4.2.3 Technical Entrepreneurship
- 4.2.4 Working in Organizations
- 4.2.5 Working in International Organizations
- 4.2.6 New Technology Development and Assessment
- 4.2.7 Engineering Project Finance and Economics
- 4.3 CONCEIVING, SYSTEMS ENGINEERING AND MANAGEMENT**
- 4.3.1 Understanding Needs and Setting Goals
- 4.3.2 Defining Function, Concept and Architecture
- 4.3.3 System Engineering, Modeling and Interfaces
- 4.3.4 Development Project Management
- 4.4 DESIGNING**
- 4.4.1 The Design Process
- 4.4.2 The Design Process Phasing and Approaches
- 4.4.3 Utilization of Knowledge in Design
- 4.4.4 Disciplinary Design
- 4.4.5 Multidisciplinary Design
- 4.4.6 Design for Sustainability, Safety, Aesthetics, Operability and other Objectives
- 4.5 IMPLEMENTING**
- 4.5.1 Designing a Sustainable Implementation Process
- 4.5.2 Hardware Manufacturing Process
- 4.5.3 Software Implementing Process
- 4.5.4 Hardware Software Integration
- 4.5.5 Test, Verification, Validation, and Certification
- 4.5.6 Implementation Management
- 4.6 OPERATING**
- 4.6.1 Designing and Optimizing Sustainable and Safe Operations
- 4.6.2 Training and Operations
- 4.6.3 Supporting the System Life Cycle
- 4.6.4 System Improvement and Evolution
- 4.6.5 Disposal and Life-End Issues
- 4.6.6 Operations Management

**CONDENSED EXTENDED CDIO SYLLABUS:
LEADERSHIP AND ENTREPRENEURSHIP**

- 4.7 LEADING ENGINEERING ENDEAVORS**
- Creating a Purposeful Vision
- 4.7.1 Identifying the Issue, Problem or Paradox
- 4.7.2 Thinking Creatively and Communicating Possibilities
- 4.7.3 Defining the Solution
- 4.7.4 Creating New Solution Concepts
- Delivering on the Vision
- 4.7.5 Building and Leading an Organization and Extended Organization
- 4.7.6 Planning and Managing a Project to Completion
- 4.7.7 Exercising Project/Solution Judgment and Critical Reasoning
- 4.7.8 Innovation – the Conception, Design and Introduction of New Goods and Services
- 4.7.9 Invention – the Development of New Devices, Materials or Processes that Enable New Goods and Services
- 4.7.10 Implementation and Operation – the Creation and Operation of the Goods and Services that will Deliver Value
- 4.8 ENTREPRENEURSHIP**
- 4.8.1 Company Founding, Formulation, Leadership and Organization
- 4.8.2 Business Plan Development
- 4.8.3 Company Capitalization and Finances
- 4.8.4 Innovative Product Marketing
- 4.8.5 Conceiving Products and Services around New Technologies
- 4.8.6 The Innovation System, Networks, Infrastructure and Services
- 4.8.7 Building the Team and Initiating Engineering Processes
- 4.8.8 Managing Intellectual Property

APPENDIX B

The CDIO Syllabus v2.0 June 2011

- 1 DISCIPLINARY KNOWLEDGE AND REASONING
(UNESCO: LEARNING TO KNOW)**
 - 1.1 KNOWLEDGE OF UNDERLYING MATHEMATICS AND SCIENCES [3a]**
 - 1.1.1 *Mathematics (including statistics)*
 - 1.1.2 *Physics*
 - 1.1.3 *Chemistry*
 - 1.1.4 *Biology*
 - 1.2 CORE ENGINEERING FUNDAMENTAL KNOWLEDGE [3a]**
 - 1.3 ADVANCED ENGINEERING FUNDAMENTAL KNOWLEDGE, METHODS AND TOOLS [3k]**

- 2 PERSONAL AND PROFESSIONAL SKILLS AND ATTRIBUTES
(UNESCO: LEARNING TO BE)**
 - 2.1 ANALYTIC REASONING AND PROBLEM SOLVING [3e]**
 - 2.1.1 *Problem Identification and Formulation*
 - Data and symptoms
 - Assumptions and sources of bias
 - Issue prioritization in context of overall goals
 - A plan of attack (incorporating model, analytical and numerical solutions, qualitative analysis, experimentation and consideration of uncertainty)
 - 2.1.2 *Modeling*
 - Assumptions to simplify complex systems and environment
 - Conceptual and qualitative models
 - Quantitative models and simulations
 - 2.1.3 *Estimation and Qualitative Analysis*
 - Orders of magnitude, bounds and trends
 - Tests for consistency and errors (limits, units, etc.)
 - The generalization of analytical solutions
 - 2.1.4 *Analysis with Uncertainty*
 - Incomplete and ambiguous information
 - Probabilistic and statistical models of events and sequences
 - Engineering cost-benefit and risk analysis
 - Decision analysis
 - Margins and reserves
 - 2.1.5 *Solution and Recommendation*
 - Problem solutions
 - Essential results of solutions and test data
 - Discrepancies in results
 - Summary recommendations
 - Possible improvements in the problem solving process
 - 2.2 EXPERIMENTATION, INVESTIGATION AND KNOWLEDGE DISCOVERY [3b]**
 - 2.2.1 *Hypothesis Formulation*
 - Critical questions to be examined
 - Hypotheses to be tested
 - Controls and control groups
 - 2.2.2 *Survey of Print and Electronic Literature*
 - The literature and media research strategy

See UNESCO, Four Pillars of Learning.
See ABET EC 2010, Criteria 3a – 3 k.

Information search and identification using library, on-line and database tools
 Sorting and classifying the primary information
 The quality and reliability of information
 The essentials and innovations contained in the information
 Research questions that are unanswered
 Citations to references

2.2.3 *Experimental Inquiry*

The experimental concept and strategy
 The precautions when humans are used in experiments
 Investigations based on social science methods
 Experiment construction
 Test protocols and experimental procedures
 Experimental measurements
 Experimental data
 Experimental data vs. available models

2.2.4 *Hypothesis Test and Defense*

The statistical validity of data
 The limitations of data employed
 Conclusions, supported by data, needs and values
 Possible improvements in knowledge discovery process

2.3 SYSTEM THINKING

2.3.1 *Thinking Holistically*

A system, its function and behavior, and its elements
 Transdisciplinary approaches that ensure the system is understood from all relevant perspectives
 The societal, enterprise and technical context of the system
 The interactions external to the system, and the behavioral impact of the system

2.3.2 *Emergence and Interactions in Systems*

The abstractions necessary to define and model the entities or elements of the system
 The important relationships, interactions and interfaces among elements
 The functional and behavioral properties (intended and unintended) that emerge from the system
 Evolutionary adaptation over time

2.3.3 *Prioritization and Focus*

All factors relevant to the system in the whole
 The driving factors from among the whole
 Energy and resource allocations to resolve the driving issues

2.3.4 *Trade-offs, Judgment and Balance in Resolution*

Tensions and factors to resolve through trade-offs
 Solutions that balance various factors, resolve tensions and optimize the system as a whole
 Flexible vs. optimal solutions over the system lifetime
 Possible improvements in the system thinking used

2.4 ATTITUDES, THOUGHT AND LEARNING

2.4.1 *Initiative and Willingness to Make Decisions in the Face of Uncertainty*

The needs and opportunities for initiative
 Leadership in new endeavors, with a bias for appropriate action
 Decisions, based on the information at hand
 Development of a course of action
 The potential benefits and risks of an action or decision

2.4.2 *Perseverance, Urgency and Will to Deliver, Resourcefulness and Flexibility*

Sense of responsibility for outcomes
 Self-confidence, courage and enthusiasm
 Determination to accomplish objectives

See UNESCO, Four Pillars of Learning.

See ABET EC 2010, Criteria 3a – 3 k.

- The importance of hard work, intensity and attention to detail
- Definitive action, delivery of results and reporting on actions
- Adaptation to change
- Making ingenious use of the resources of the situation or group
- A readiness, willingness and ability to work independently
- A willingness to work with others, and to consider and embrace various viewpoints
- An acceptance of feedback, criticism and willingness to reflect and respond
- The balance between personal and professional life
- 2.4.3 *Creative Thinking*
 - Conceptualization and abstraction
 - Synthesis and generalization
 - The process of invention
 - The role of creativity in art, science, the humanities and technology
- 2.4.4 *Critical Thinking*
 - Purpose and statement of the problem or issue
 - Assumptions
 - Logical arguments (and fallacies) and solutions
 - Supporting evidence, facts and information
 - Points of view and theories
 - Conclusions and implications
 - Reflection on the quality of the thinking
- 2.4.5 *Self-Awareness, Metacognition and Knowledge Integration*
 - One's skills, interests, strengths and weaknesses
 - The extent of one's abilities, and one's responsibility for self-improvement to overcome important weaknesses
 - The importance of both depth and breadth of knowledge
 - Identification of how effectively and in what way one is thinking
 - Linking knowledge together and identifying the structure of knowledge
- 2.4.6 *Lifelong Learning and Educating* [3i]
 - The motivation for continued self-education
 - The skills of self-education
 - One's own learning styles
 - Relationships with mentors
 - Enabling learning in others
- 2.4.7 *Time and Resource Management*
 - Task prioritization
 - The importance and/or urgency of tasks
 - Efficient execution of tasks
- 2.5 ETHICS, EQUITY AND OTHER RESPONSIBILITIES [3f]**
 - 2.5.1 *Ethics, Integrity and Social Responsibility*
 - One's ethical standards and principles
 - The moral courage to act on principle despite adversity
 - The possibility of conflict between professionally ethical imperatives
 - A commitment to service
 - Truthfulness
 - A commitment to help others and society more broadly
 - 2.5.2 *Professional Behavior*
 - A professional bearing
 - Professional courtesy
 - International customs and norms of interpersonal contact
 - 2.5.3 *Proactive Vision and Intention in Life*
 - A personal vision for one's future
 - Aspiration to exercise his/her potentials as a leader
 - One's portfolio of professional skills

See UNESCO, Four Pillars of Learning.

See ABET EC 2010, Criteria 3a – 3 k.

- Considering one's contributions to society
- Inspiring others
- 2.5.4 *Staying Current on the World of Engineering*
 - The potential impact of new scientific discoveries
 - The social and technical impact of new technologies and innovations
 - A familiarity with current practices/ technology in engineering
 - The links between engineering theory and practice
- 2.5.5 *Equity and Diversity*
 - A commitment to treat others with equity
 - Embracing diversity in groups and workforce
 - Accommodating diverse backgrounds
- 2.5.6 *Trust and Loyalty*
 - Loyalty to one's colleagues and team
 - Recognizing and emphasizing the contributions of others
 - Working to make others successful

3 INTERPERSONAL SKILLS: TEAMWORK AND COMMUNICATION (UNESCO: LEARNING TO LIVE TOGETHER)

3.1 TEAMWORK [3d]

- 3.1.1 *Forming Effective Teams*
 - The stages of team formation and life cycle
 - Task and team processes
 - Team roles and responsibilities
 - The goals, needs and characteristics (works styles, cultural differences) of individual team members
 - The strengths and weaknesses of the team and its members
 - Ground rules on norms of team confidentiality, accountability and initiative
- 3.1.2 *Team Operation*
 - Goals and agenda
 - The planning and facilitation of effective meetings
 - Team ground rules
 - Effective communication (active listening, collaboration, providing and obtaining information)
 - Positive and effective feedback
 - The planning, scheduling and execution of a project
 - Solutions to problems (team creativity and decision making)
 - Conflict mediation, negotiation and resolution
 - Empowering those on the team
- 3.1.3 *Team Growth and Evolution*
 - Strategies for reflection, assessment and self-assessment
 - Skills for team maintenance and growth
 - Skills for individual growth within the team
 - Strategies for team communication and reporting
- 3.1.4 *Team Leadership*
 - Team goals and objectives
 - Team process management
 - Leadership and facilitation styles (directing, coaching, supporting, delegating)
 - Approaches to motivation (incentives, example, recognition, etc.)
 - Representing the team to others
 - Mentoring and counseling
- 3.1.5 *Technical and Multidisciplinary Teaming*
 - Working in different types of teams:
 - Cross-disciplinary teams (including non-engineer)

See UNESCO, Four Pillars of Learning.
See ABET EC 2010, Criteria 3a – 3 k.

Small team vs. large team
 Distance, distributed and electronic environments
 Technical collaboration with team members
 Working with non-technical members and teams

3.2 COMMUNICATIONS [3g]

3.2.1 *Communications Strategy*

The communication situation
 Communications objectives
 The needs and character of the audience
 The communication context
 A communications strategy
 The appropriate combination of media
 A communication style (proposing, reviewing, collaborating, documenting, teaching)
 The content and organization

3.2.2 *Communications Structure*

Logical, persuasive arguments
 The appropriate structure and relationship amongst ideas
 Relevant, credible, accurate supporting evidence
 Conciseness, crispness, precision and clarity of language
 Rhetorical factors (e.g. audience bias)
 Cross-disciplinary cross-cultural communications

3.2.3 *Written Communication*

Writing with coherence and flow
 Writing with correct spelling, punctuation and grammar
 Formatting the document
 Technical writing
 Various written styles (informal, formal memos, reports, resume, etc.)

3.2.4 *Electronic/Multimedia Communication*

Preparing electronic presentations
 The norms associated with the use of e-mail, voice mail, and videoconferencing
 Various electronic styles (charts, web, etc)

3.2.5 *Graphical Communications*

Sketching and drawing
 Construction of tables, graphs and charts
 Formal technical drawings and renderings
 Use of graphical tools

3.2.6 *Oral Presentation*

Preparing presentations and supporting media with appropriate language, style, timing and flow
 Appropriate nonverbal communications (gestures, eye contact, poise)
 Answering questions effectively

3.2.7 *Inquiry, Listening and Dialog*

Listening carefully to others, with the intention to understand
 Asking thoughtful questions of others
 Processing diverse points of view
 Constructive dialog
 Recognizing ideas that may be better than your own

3.2.8 *Negotiation, Compromise and Conflict Resolution*

Identifying potential disagreements, tensions or conflicts
 Negotiation to find acceptable solutions
 Reaching agreement without compromising fundamental principles
 Diffusing conflicts

3.2.9 *Advocacy*

Clearly explaining one's point of view

See UNESCO, Four Pillars of Learning.

See ABET EC 2010, Criteria 3a – 3 k.

- Explaining how one reached an interpretation or conclusion
- Assessing how well you are understood
- Adjusting approach to advocacy on audience characteristics
- 3.2.10 *Establishing Diverse Connections and Networking*
 - Appreciating those with different skills, cultures or experiences
 - Engaging and connecting with diverse individuals
 - Building extended social networks
 - Activating and using networks to achieve goals

3.3 COMMUNICATIONS IN FOREIGN LANGUAGES

- 3.3.1 *Communications in English*
- 3.3.2 *Communications in Languages of Regional Commerce and Industry*
- 3.3.3 *Communications in Other Languages*

4 CONCEIVING, DESIGNING, IMPLEMENTING AND OPERATING SYSTEMS IN THE ENTERPRISE, SOCIETAL AND ENVIRONMENTAL CONTEXT – THE INNOVATION PROCESS (UNESCO: LEARNING TO DO)

4.1 EXTERNAL, SOCIETAL AND ENVIRONMENTAL CONTEXT [3h]

- 4.1.1 *Roles and Responsibility of Engineers*
 - The goals and roles of the engineering profession
 - The responsibilities of engineers to society and a sustainable future
- 4.1.2 *The Impact of Engineering on Society and the Environment*
 - The impact of engineering on the environmental, social, knowledge and economic systems in modern culture
- 4.1.3 *Society's Regulation of Engineering*
 - The role of society and its agents to regulate engineering
 - The way in which legal and political systems regulate and influence engineering
 - How professional societies license and set standards
 - How intellectual property is created, utilized and defended
- 4.1.4 *The Historical and Cultural Context*
 - The diverse nature and history of human societies as well as their literary, philosophical and artistic traditions
 - The discourse and analysis appropriate to the discussion of language, thought and values
- 4.1.5 *Contemporary Issues and Values [3j]*
 - The important contemporary political, social, legal and environmental issues and values
 - The processes by which contemporary values are set, and one's role in these processes
 - The mechanisms for expansion and diffusion of knowledge
- 4.1.6 *Developing a Global Perspective*
 - The internationalization of human activity
 - The similarities and differences in the political, social, economic, business and technical norms of various cultures
 - International and intergovernmental agreements and alliances
- 4.1.7 *Sustainability and the Need for Sustainable Development*
 - Definition of sustainability
 - Goals and importance of sustainability
 - Principles of sustainability
 - Need to apply sustainability principles in engineering endeavors

4.2 ENTERPRISE AND BUSINESS CONTEXT

- 4.2.1 *Appreciating Different Enterprise Cultures*
 - The differences in process, culture, and metrics of success in various enterprise cultures:
 - Corporate vs. academic vs. governmental vs. non-profit/NGO

See UNESCO, Four Pillars of Learning.
See ABET EC 2010, Criteria 3a – 3 k.

- Market vs. policy driven
- Large vs. small
- Centralized vs. distributed
- Research and development vs. operations
- Mature vs. growth phase vs. entrepreneurial
- Longer vs. faster development cycles
- With vs. without the participation of organized labor
- 4.2.2 *Enterprise Stakeholders, Strategy and Goals*
 - The stakeholders and beneficiaries of an enterprise (owners, employees, customers, etc.)
 - Obligations to stakeholders
 - The mission, scope and goals of the enterprise
 - Enterprise strategy and resource allocation
 - An enterprise's core competence and markets
 - Key alliances and supplier relations
- 4.2.3 *Technical Entrepreneurship*
 - Entrepreneurial opportunities that can be addressed by technology
 - Technologies that can create new products and systems
 - Entrepreneurial finance and organization
- 4.2.4 *Working in Organizations*
 - The function of management
 - Various roles and responsibilities in an organization
 - The roles of functional and program organizations
 - Working effectively within hierarchy and organizations
 - Change, dynamics and evolution in organizations
- 4.2.5 *Working in International Organizations*
 - Culture and tradition of enterprise as a reflection of national culture
 - Equivalence of qualifications and degrees
 - Governmental regulation of international work
- 4.2.6 *New Technology Development and Assessment*
 - The research and technology development process
 - Identifying and assessing technologies
 - Technology development roadmaps
 - Intellectual property regimes and patents
- 4.2.7 *Engineering Project Finance and Economics*
 - Financial and managerial goals and metrics
 - Project finance – investments, return, timing
 - Financial planning and control
 - Impact of projects on enterprise finance, income and cash
- 4.3 CONCEIVING, SYSTEM ENGINEERING AND MANAGEMENT [3c]**
 - 4.3.1 *Understanding Needs and Setting Goals*
 - Needs and opportunities
 - Customer needs, and those of the market
 - Opportunities that derive from new technology or latent needs
 - Environmental needs
 - Factors that set the context of the system goals
 - Enterprise goals, strategies, capabilities and alliances
 - Competitors and benchmarking information
 - Ethical, social, environmental, legal and regulatory influences
 - The probability of change in the factors that influence the system, its goals and resources available
 - System goals and requirements
 - The language/format of goals and requirements
 - Initial target goals (based on needs, opportunities and other influences)
 - System performance metrics

See UNESCO, Four Pillars of Learning.

See ABET EC 2010, Criteria 3a – 3 k.

- Requirement completeness and consistency
- 4.3.2 *Defining Function, Concept and Architecture*
 - Necessary system functions (and behavioral specifications)
 - System concepts
 - Incorporation of the appropriate level of technology
 - Trade-offs among and recombination of concepts
 - High-level architectural form and structure
 - The decomposition of form into elements, assignment of function to elements, and definition of interfaces
- 4.3.3 *System Engineering, Modeling and Interfaces*
 - Appropriate models of technical performance and other attributes
 - Consideration of implementation and operations
 - Life cycle value and costs (design, implementation, operations, opportunity, etc.)
 - Trade-offs among various goals, function, concept and structure and iteration until convergence
 - Plans for interface management
- 4.3.4 *Development Project Management*
 - Project control for cost, performance and schedule
 - Appropriate transition points and reviews
 - Configuration management and documentation
 - Performance compared to baseline
 - Earned value recognition
 - The estimation and allocation of resources
 - Risks and alternatives
 - Possible development process improvements
- 4.4 DESIGNING [3c]**
 - 4.4.1 *The Design Process*
 - Requirements for each element or component derived from system level goals and requirements
 - Alternatives in design
 - The initial design
 - Life cycle consideration in design
 - Experimental prototypes and test articles in design development
 - Appropriate optimization in the presence of constraints
 - Iteration until convergence
 - The final design
 - Accommodation of changing requirements
 - 4.4.2 *The Design Process Phasing and Approaches*
 - The activities in the phases of system design (e.g. conceptual, preliminary and detailed design)
 - Process models appropriate for particular development projects (waterfall, spiral, concurrent, etc.)
 - The process for single, platform and derivative products
 - 4.4.3 *Utilization of Knowledge in Design*
 - Technical and scientific knowledge
 - Modes of thought (problem solving, inquiry, system thinking, creative and critical thinking)
 - Prior work in the field, standardization and reuse of designs (including reverse engineering and refactoring, redesign)
 - Design knowledge capture
 - 4.4.4 *Disciplinary Design*
 - Appropriate techniques, tools and processes
 - Design tool calibration and validation
 - Quantitative analysis of alternatives

See UNESCO, Four Pillars of Learning.

See ABET EC 2010, Criteria 3a – 3 k.

- Modeling, simulation and test
- Analytical refinement of the design
- 4.4.5 *Multidisciplinary Design*
 - Interactions between disciplines
 - Dissimilar conventions and assumptions
 - Differences in the maturity of disciplinary models
 - Multidisciplinary design environments
 - Multidisciplinary design
- 4.4.6 *Design for Sustainability, Safety, Aesthetics, Operability and Other Objectives*
 - Design for:
 - Performance, quality, robustness, life cycle cost and value
 - Sustainability
 - Safety and security
 - Aesthetics
 - Human factors, interaction and supervision
 - Implementation, verification, test and environmental sustainability
 - Operations
 - Maintainability, dependability and reliability
 - Evolution, product improvement
 - Retirement, reusability and recycling
- 4.5 IMPLEMENTING [3c]**
 - 4.5.1 *Designing a Sustainable Implementation Process*
 - The goals and metrics for implementation performance, cost and quality
 - The implementation system design:
 - Task allocation and cell/unit layout
 - Work flow
 - Considerations for human user/operators
 - Consideration of sustainability
 - 4.5.2 *Hardware Manufacturing Process*
 - The manufacturing of parts
 - The assembly of parts into larger constructs
 - Tolerances, variability, key characteristics and statistical process control
 - 4.5.3 *Software Implementing Process*
 - The break down of high-level components into module designs (including algorithms and data structures)
 - Algorithms (data structures, control flow, data flow)
 - The programming language and paradigms
 - The low-level design (coding)
 - The system build
 - 4.5.4 *Hardware Software Integration*
 - The integration of software in electronic hardware (size of processor, communications, etc.)
 - The integration of software with sensor, actuators and mechanical hardware
 - Hardware/software function and safety
 - 4.5.5 *Test, Verification, Validation and Certification*
 - Test and analysis procedures (hardware vs. software, acceptance vs. qualification)
 - The verification of performance to system requirements
 - The validation of performance to customer needs
 - The certification to standards
 - 4.5.6 *Implementation Management*
 - The organization and structure for implementation
 - Sourcing and partnering
 - Supply chains and logistics
 - Control of implementation cost, performance and schedule

See UNESCO, Four Pillars of Learning.

See ABET EC 2010, Criteria 3a – 3 k.

Quality assurance
 Human health and safety
 Environmental security
 Possible implementation process improvements

4.6 OPERATING [3c]

4.6.1 *Designing and Optimizing Sustainable and Safe Operations*

The goals and metrics for operational performance, cost and value
 Sustainable operations
 Safe and secure operations
 Operations process architecture and development
 Operations (and mission) analysis and modeling

4.6.2 *Training and Operations*

Training for professional operations:
 Simulation
 Instruction and programs
 Procedures

Education for consumer operation
 Operations processes
 Operations process interactions

4.6.3 *Supporting the System Life Cycle*

Maintenance and logistics
 Life cycle performance and reliability
 Life cycle value and costs
 Feedback to facilitate system improvement

4.6.4 *System Improvement and Evolution*

Pre-planned product improvement
 Improvements based on needs observed in operation
 Evolutionary system upgrades
 Contingency improvements/solutions resulting from operational necessity

4.6.5 *Disposal and Life-End Issues*

The end of useful life
 Disposal options
 Residual value at life-end
 Environmental considerations for disposal

4.6.6 *Operations Management*

The organization and structure for operations
 Partnerships and alliances
 Control of operations cost, performance and scheduling
 Quality and safety assurance
 Possible operations process improvements
 Life cycle management
 Human health and safety
 Environmental security

The Extended CDIO Syllabus: Leadership and Entrepreneurship

This extension to the CDIO Syllabus is provided as a resource for programs that seek to respond to stakeholder expressed needs in the areas of Engineering Leadership and Entrepreneurship

4.7 LEADING ENGINEERING ENDEAVORS

Engineering Leadership builds on factors already included above, including:

- **Attitudes of Leadership – Core Personal Values and Character**, including topics in Attitudes, Thought and Learning (2.4), and in Ethics, Equity and Other Responsibilities (2.5)

See UNESCO, Four Pillars of Learning.
 See ABET EC 2010, Criteria 3a – 3 k.

- **Relating to Others**, including topics in Teamwork (3.1), Communications (3.2) and potentially Communications in Foreign Languages (3.3)
- **Making Sense of Context**, including topics in External, Societal and Environmental Context (4.1), Enterprise and Business Context (4.2) Conceiving, Systems Engineering and Management (4.3) and System Thinking (2.3)

In addition there are several topics that constitute creating a **Purposeful Vision**:

- 4.7.1 *Identifying the Issue, Problem or Paradox (which builds on Understanding Needs and Setting Goals 4.3.1)*
- Synthesizing the understanding of needs or opportunities (that technical systems can address)
 - Clarifying the central issues
 - Framing the problem to be solved
 - Identifying the underlying paradox to be examined
- 4.7.2 *Thinking Creatively and Communicating Possibilities (which builds on and expands Creative Thinking 2.4.3)*
- How to create new ideas and approaches
 - New visions of technical systems that meet the needs of customers and society
 - Communicating visions for products and enterprises
 - Compelling visions for the future
- 4.7.3 *Defining the Solution (which builds on and expands Understanding Needs and Setting Goals 4.3.1)*
- The vision for the engineering solution
 - Achievable goals for quality performance, budget and schedule
 - Consideration of customer and beneficiary
 - Consideration of technology options
 - Consideration of regulatory, political and competitive forces
- 4.7.4 *Creating New Solution Concepts (which builds on and expands 4.3.2 and 4.3.3)*
- Setting requirements and specifications
 - The high-level concept for the solution
 - Architecture and interfaces
 - Alignment with other projects of the enterprise
 - Alignment with enterprise strategy, resources and infrastructure

And several topics that lead to **Delivering on the Vision**:

- 4.7.5 *Building and Leading an Organization and Extended Organization (which builds on 4.2.4 and 4.2.5)*
- Recruiting key team members with complementary skills
 - Start-up of team processes, and technical interchange
 - Defining roles, responsibilities and incentives
 - Leading group decision-making
 - Assessing group progress and performance
 - Building the competence of others and succession
 - Partnering with external competence
- 4.7.6 *Planning and Managing a Project to Completion (which builds on 4.3.4)*
- Plans of action and alternatives to deliver completed projects on time
 - Deviation from plan, and re-planning
 - Managing human, time, financial and technical resources to meet plan
 - Program risk, configuration and documentation
 - Program economics and the impact of decisions on them
- 4.7.7 *Exercising Project/Solution Judgment and Critical Reasoning (which builds on 2.3.4 and 2.4.4)*
- Making complex technical decisions with uncertain and incomplete information
 - Questioning and critically evaluating the decisions of others
 - Corroborating inputs from several sources

See UNESCO, Four Pillars of Learning.

See ABET EC 2010, Criteria 3a – 3 k.

- Evaluating evidence and identifying the validity of key assumptions
- Understanding alternatives that are proposed by others
- Judging the expected evolution of all solutions in the future

4.7.8 *Innovation – the Conception, Design and Introduction of New Goods and Services (which is the leadership of 4.3 and 4.4)*

- Designing and introducing new goods and services to the marketplace
- Designing solutions to meet customer and societal needs
- Designing solutions with the appropriate balance of new and existing technology
- Robust, flexible and adaptable products
- Consideration of current and future competition
- Validating the effectiveness of the solution

4.7.9 *Invention – the Development of New Devices, Materials or Processes that Enable New Goods and Services (which builds on 4.2.6)*

- Science and technology basis and options
- Imagining possibilities
- Inventing a practical device or process that enables a new product or solution
- Adherence to intellectual property regimes

4.7.10 *Implementation and Operation – the Creation and Operation of the Goods and Services that will Deliver Value (which are the leadership of 4.5 and 4.6)*

- Leading implementing and operating
- Importance of quality
- Safe operations
- Operations to deliver value to the customer and society

These last three items are in fact the leadership of the core processes of engineering: conceiving, designing, implementing and operating

4.8 ENGINEERING ENTREPRENEURSHIP

Engineering Entrepreneurship includes by reference all of the aspects of Societal and Enterprise Context (4.1 and 4.2), all of the skills of Conceiving, Designing, Implementing and Operating (4.3 – 4.6) and all of the elements of Engineering Leadership (4.7).

In addition, there are the entrepreneurship specific skills:

4.8.1 *Company Founding, Formulation, Leadership and Organization*

- Creating the corporate entity and financial infrastructure
- Team of supporting partners (bank, lawyer, accounting, etc.)
- Consideration of local labor law and practices
- The founding leadership team
- The initial organization
- The board of the company
- Advisors to the company

4.8.2 *Business Plan Development*

- A need in the world that you will fill
- A technology that can become a product
- A team that can develop the product
- Plan for development
- Uses of capital
- Liquidity strategy

4.8.3 *Company Capitalization and Finances*

- Capital needed, and timing of need (to reach next major milestone)
- Investors as sources of capital
- Alternative sources of capital (government, etc.)
- Structure of investment (terms, price, etc.)
- Financial analysis for investors
- Management of finances
- Expenditures against intermediate milestones of progress

See UNESCO, Four Pillars of Learning.

See ABET EC 2010, Criteria 3a – 3 k.

- 4.8.4 *Innovative Product Marketing*
 - Size of potential market
 - Competitive analyses
 - Penetration of market
 - Product positioning
 - Relationships with customers
 - Product pricing
 - Sales initiation
 - Distribution to customers
- 4.8.5 *Conceiving Products and Services around New Technologies*
 - New technologies available
 - Assessing the readiness of technology
 - Assessing the ability of your enterprise to innovate based on the technology
 - Assessing the product impact of the technology
 - Assessing the technologies through partnerships, licenses, etc.
 - A team to productize the technology
- 4.8.6 *The Innovation System, Networks, Infrastructure and Services*
 - Relationships for enterprise success
 - Mentoring of the enterprise leadership
 - Supporting financial services
 - Investor networks
 - Suppliers
- 4.8.7 *Building the Team and Initiating Engineering Processes (conceiving, designing, implementing and operating)*
 - Hiring the right skill mix
 - Technical process startup
 - Building an engineering culture
 - Establishing enterprise processes
- 4.8.8 *Managing Intellectual Property*
 - IP landscape for your product or technology
 - IP strategy – offensive and defensive
 - Filing patents and provisional patents
 - IP legal support
 - Entrepreneurial opportunities that can be addressed by technology
 - Technologies that can create new products and systems
 - Entrepreneurial finance and organization

A.2 Padrões Iniciativa CDIO



THE CDIO STANDARDS v 2.0

(with customized rubrics)

8 December 2010

Background

A major international project to reform undergraduate engineering education was launched in October 2000. This project, called *The CDIO Initiative*, has expanded to include engineering programs worldwide. The vision of the project is to provide students with an education that stresses engineering fundamentals set in the context of Conceiving--Designing--Implementing--Operating real-world systems, processes, and products. The CDIO Initiative has three overall goals – to educate students who are able to:

1. Master a deep working knowledge of technical fundamentals
2. Lead in the creation and operation of new products and systems
3. Understand the importance and strategic impact of research and technological development on society

The CDIO Initiative creates a range of resources that can be adapted and implemented by individual programs to meet these goals. These resources support a curriculum organized around mutually supporting disciplines, interwoven with learning experiences related to personal and interpersonal skills, and product, process, and system building skills. Students receive an education rich in design-implement experiences and active and experiential learning, set in both the classroom and modern learning workspaces. One of these resources, the CDIO Standards, is provided in this document. For more information about the CDIO Initiative, visit <http://www.cdio.org>

The CDIO Standards

In January 2004, the CDIO Initiative adopted 12 standards to describe CDIO programs. These guiding principles were developed in response to program leaders, alumni, and industrial partners who wanted to know how they would recognize CDIO programs and their graduates. As a result, these CDIO Standards define the distinguishing features of a CDIO program, serve as guidelines for educational program reform and evaluation, create benchmarks and goals with worldwide application, and provide a framework for continuous improvement. The standards may also be used as a framework for certification purposes.

The 12 CDIO Standards address program philosophy (Standard 1), curriculum development (Standards 2, 3 and 4), design-implement experiences and workspaces (Standards 5 and 6), methods of teaching and learning (Standards 7 and 8), faculty development (Standards 9 and 10), and assessment and evaluation (Standards 11 and 12). Each standard is presented here with a description, a rationale, and a rubric.

Description. The description elaborates the statement of the standard, explaining its meaning. It defines significant terms and provides background information.

Rationale. The rationale highlights reasons for the adoption of the standard. Reasons are based on educational research and best practices in engineering and higher education.

The rationale explains ways in which the standard distinguishes the CDIO approach from other educational reform efforts.

Rubric. A rubric is a scoring guide that seeks to evaluate levels of performance. The rubric of the CDIO Standards is a six-point rating scale for assessing levels of compliance with the standard. Criteria for each level are based on the description and rationale of the standard. The rubric highlights the nature of the evidence that indicates compliance at each level. The rubrics in this document are hierarchical, that is, each successive level includes those at lower levels. For example, Level 5 that addresses continuous process improvement presumes that Level 4 has been attained.

Self-Assessment of Compliance

The assessment of compliance with the CDIO Standards is a self-report process. An engineering program gathers its own evidence and uses the rubrics to rate its status with respect to each of the 12 CDIO Standards. While the rubrics are customized to each CDIO Standard, they follow the pattern of this general rubric.

General Rubric:

Scale	Criteria
5	Evidence related to the standard is regularly reviewed and used to make improvements.
4	There is documented evidence of the full implementation and impact of the standard across program components and constituents.
3	Implementation of the plan to address the standard is underway across the program components and constituents.
2	There is a plan in place to address the standard.
1	There is an awareness of need to adopt the standard and a process is in place to address it.
0	There is no documented plan or activity related to the standard.

An accompanying document gives examples of evidence for different levels of compliance for each CDIO Standard, as reported by CDIO programs in 2005 and 2008.

Standard 1 – The Context

Adoption of the principle that product, process, and system lifecycle development and deployment -- Conceiving, Designing, Implementing and Operating -- are the context for engineering education

Description: A CDIO program is based on the principle that product, process, and system lifecycle development and deployment are the appropriate context for engineering education. *Conceiving--Designing--Implementing--Operating* is a model of the entire product, process, and system lifecycle. The *Conceive* stage includes defining customer needs; considering technology, enterprise strategy, and regulations; and, developing conceptual, technical, and business plans. The *Design* stage focuses on creating the design, that is, the plans, drawings, and algorithms that describe what will be implemented. The *Implement* stage refers to the transformation of the design into the product, process, or system, including manufacturing, coding, testing and validation. The final stage, *Operate*, uses the implemented product or process to deliver the intended value, including maintaining, evolving and retiring the system.

The product, process, and system lifecycle is considered the context for engineering education in that it is part of the cultural framework, or environment, in which technical knowledge and other skills are taught, practiced and learned. The principle is adopted by a program when there is explicit agreement of faculty to transition to a CDIO program, and support from program leaders to sustain reform initiatives.

Rationale: Beginning engineers should be able to Conceive--Design--Implement--Operate complex value-added engineering products, processes, and systems in modern team-based environments. They should be able to participate in engineering processes, contribute to the development of engineering products, and do so while working to professional standards in any organization. This is the essence of the engineering profession.

Rubric:

Scale	Criteria
5	Evaluation groups recognize that CDIO is the context of the engineering program and use this principle as a guide for continuous improvement.
4	There is documented evidence that the CDIO principle is the context of the engineering program and is fully implemented.
3	CDIO is adopted as the context for the engineering program and is implemented in one or more years of the program.
2	There is an explicit plan to transition to a CDIO context for the engineering program.
1	The need to adopt the principle that CDIO is the context of engineering education is recognized and a process to address it has been initiated.
0	There is no plan to adopt the principle that CDIO is the context of engineering education for the program.

Standard 2 – Learning Outcomes**Specific, detailed learning outcomes for personal and interpersonal skills, and product, process, and system building skills, as well as disciplinary knowledge, consistent with program goals and validated by program stakeholders**

Description: The knowledge, skills, and attitudes intended as a result of engineering education, that is, the learning outcomes, are codified in the *CDIO Syllabus*. These learning outcomes detail what students should know and be able to do at the conclusion of their engineering programs. In addition to learning outcomes for technical disciplinary knowledge (Section 1), the *CDIO Syllabus* specifies learning outcomes as personal and interpersonal skills, and product, process, and system building. Personal learning outcomes (Section 2) focus on individual students' cognitive and affective development, for example, engineering reasoning and problem solving, experimentation and knowledge discovery, system thinking, creative thinking, critical thinking, and professional ethics. Interpersonal learning outcomes (Section 3) focus on individual and group interactions, such as, teamwork, leadership, communication, and communication in foreign languages. Product, process, and system building skills (Section 4) focus on conceiving, designing, implementing, and operating systems in enterprise, business, and societal contexts.

Learning outcomes are reviewed and validated by key stakeholders, that is, groups who share an interest in the graduates of engineering programs, for consistency with program goals and relevance to engineering practice. Programs are encouraged to customize the CDIO Syllabus to their respective programs. In addition, stakeholders help to determine the expected level of proficiency, or standard of achievement, for each learning outcome.

Rationale: Setting specific learning outcomes helps to ensure that students acquire the appropriate foundation for their future. Professional engineering organizations and industry representatives identified key attributes of beginning engineers both in technical and professional areas. Moreover, many evaluation and accreditation bodies expect engineering programs to identify program outcomes in terms of their graduates' knowledge, skills, and attitudes.

Rubric:

Scale	Criteria
5	Evaluation groups regularly review and revise program learning outcomes, based on changes in stakeholder needs.
4	Program learning outcomes are aligned with institutional vision and mission, and levels of proficiency are set for each outcome.
3	Program learning outcomes are validated with key program stakeholders, including faculty, students, alumni, and industry representatives.
2	A plan to incorporate explicit statements of program learning outcomes is established.
1	The need to create or modify program learning outcomes is recognized and such a process has been initiated.
0	There are no explicit program learning outcomes that cover knowledge, personal and interpersonal skills, and product, process and system building skills.

Standard 3 -- Integrated Curriculum**A curriculum designed with mutually supporting disciplinary courses, with an explicit plan to integrate personal and interpersonal skills, and product, process, and system building skills**

Description: An integrated curriculum includes learning experiences that lead to the acquisition of personal and interpersonal skills, and product, process, and system building skills (Standard 2), interwoven with the learning of disciplinary knowledge and its application in professional engineering. Disciplinary courses are mutually supporting when they make explicit connections among related and supporting content and learning outcomes. An explicit plan identifies ways in which the integration of skills and multidisciplinary connections are to be made, for example, by mapping the specified learning outcomes to courses and co-curricular activities that make up the curriculum.

Rationale: The teaching of personal, interpersonal, and professional skills, and product, process, and system building skills should not be considered an addition to an already full curriculum, but an integral part of it. To reach the intended learning outcomes in disciplinary knowledge and skills, the curriculum and learning experiences have to make dual use of available time. Faculty play an active role in designing the integrated curriculum by suggesting appropriate disciplinary linkages, as well as opportunities to address specific skills in their respective teaching areas.

Rubric:

Scale Criteria

5	Stakeholders regularly review the integrated curriculum and make recommendations and adjustments as needed.
4	There is evidence that personal, interpersonal, product, process, and system building skills are addressed in all courses responsible for their implementation.
3	Personal, interpersonal, product, process, and system building skills are integrated into one or more years in the curriculum.
2	A curriculum plan that integrates disciplinary learning, personal, interpersonal, product, process, and system building skills is approved by appropriate groups.
1	The need to analyze the curriculum is recognized and initial mapping of disciplinary and skills learning outcomes is underway.
0	There is no integration of skills or mutually supporting disciplines in the program.

Standard 4 -- Introduction to Engineering

An introductory course that provides the framework for engineering practice in product, process, and system building, and introduces essential personal and interpersonal skills

Description: The introductory course, usually one of the first required courses in a program, provides a framework for the practice of engineering. This framework is a broad outline of the tasks and responsibilities of an engineer, and the use of disciplinary knowledge in executing those tasks. Students engage in the practice of engineering through problem solving and simple design exercises, individually and in teams. The course also includes personal and interpersonal skills knowledge, skills, and attitudes that are essential at the start of a program to prepare students for more advanced product, process, and system building experiences. For example, students can participate in small team exercises to prepare them for larger development teams.

Rationale: Introductory courses aim to stimulate students' interest in, and strengthen their motivation for, the field of engineering by focusing on the application of relevant core engineering disciplines. Students usually select engineering programs because they want to build things, and introductory courses can capitalize on this interest. In addition, introductory courses provide an early start to the development of the essential skills described in the *CDIO Syllabus*.

Rubric:

Scale Criteria

5	The introductory course is regularly evaluated and revised, based on feedback from students, instructors, and other stakeholders.
4	There is documented evidence that students have achieved the intended learning outcomes of the introductory engineering course.
3	An introductory course that includes engineering learning experiences and introduces essential personal and interpersonal skills has been implemented.
2	A plan for an introductory engineering course introducing a framework for practice has been approved.
1	The need for an introductory course that provides the framework for engineering practice is recognized and a process to address that need has been initiated.
0	There is no introductory engineering course that provides a framework for practice and introduces key skills.

Standard 5 -- Design-Implement Experiences

A curriculum that includes two or more design-implement experiences, including one at a basic level and one at an advanced level

Description: The term *design-implement experience* denotes a range of engineering activities central to the process of developing new products and systems. Included are all of the activities described in Standard One at the Design and Implement stages, plus appropriate aspects of conceptual design from the Conceive stage. Students develop product, process, and system building skills, as well as the ability to apply engineering science, in design-implement experiences integrated into the curriculum. Design-implement experiences are considered basic or advanced in terms of their scope, complexity, and sequence in the program. For example, simpler products and systems are included earlier in the program, while more complex design-implement experiences appear in later courses designed to help students integrate knowledge and skills acquired in preceding courses and learning activities. Opportunities to conceive, design, implement, and operate products, processes, and systems may also be included in required co-curricular activities, for example, undergraduate research projects and internships.

Rationale: Design-implement experiences are structured and sequenced to promote early success in engineering practice. Iteration of design-implement experiences and increasing levels of design complexity reinforce students' understanding of the product, process, and system development process. Design-implement experiences also provide a solid foundation upon which to build deeper conceptual understanding of disciplinary skills. The emphasis on building products and implementing processes in real-world contexts gives students opportunities to make connections between the technical content they are learning and their professional and career interests.

Rubric:

Scale	Criteria
5	The design-implement experiences are regularly evaluated and revised, based on feedback from students, instructors, and other stakeholders.
4	There is documented evidence that students have achieved the intended learning outcomes of the design-implement experiences.
3	At least two design-implement experiences of increasing complexity are being implemented.
2	There is a plan to develop a design-implement experience at a basic and advanced level.
1	A needs analysis has been conducted to identify opportunities to include design-implement experiences in the curriculum.
0	There are no design-implement experiences in the engineering program.

Standard 6 -- Engineering Workspaces**Engineering workspaces and laboratories that support and encourage hands-on learning of product, process, and system building, disciplinary knowledge, and social learning**

Description: The physical learning environment includes traditional learning spaces, for example, classrooms, lecture halls, and seminar rooms, as well as engineering workspaces and laboratories. Workspaces and laboratories support the learning of product, process, and system building skills concurrently with disciplinary knowledge. They emphasize hands-on learning in which students are directly engaged in their own learning, and provide opportunities for social learning, that is, settings where students can learn from each other and interact with several groups. The creation of new workspaces, or remodeling of existing laboratories, will vary with the size of the program and resources of the institution.

Rationale: Workspaces and other learning environments that support hands-on learning are fundamental resources for learning to design, implement, and operate products, processes, and systems. Students who have access to modern engineering tools, software, and laboratories have opportunities to develop the knowledge, skills, and attitudes that support product, process, and system building competencies. These competencies are best developed in workspaces that are student-centered, user-friendly, accessible, and interactive.

Rubric:

Scale Criteria

5	Evaluation groups regularly review the impact and effectiveness of workspaces on learning and provide recommendations for improving them.
4	Engineering workspaces fully support all components of hands-on, knowledge, and skills learning.
3	Plans are being implemented and some new or remodeled spaces are in use.
2	Plans to remodel or build additional engineering workspaces have been approved by the appropriate bodies.
1	The need for engineering workspaces to support hands-on, knowledge, and skills activities is recognized and a process to address the need has been initiated.
0	Engineering workspaces are inadequate or inappropriate to support and encourage hands-on skills, knowledge, and social learning.

Standard 7 -- Integrated Learning Experiences

Integrated learning experiences that lead to the acquisition of disciplinary knowledge, as well as personal and interpersonal skills, and product, process, and system building skills

Description: Integrated learning experiences are pedagogical approaches that foster the learning of disciplinary knowledge simultaneously with personal and interpersonal skills, and product, process, and system building skills. They incorporate professional engineering issues in contexts where they coexist with disciplinary issues. For example, students might consider the analysis of a product, the design of the product, and the social responsibility of the designer of the product, all in one exercise. Industrial partners, alumni, and other key stakeholders are often helpful in providing examples of such exercises.

Rationale: The curriculum design and learning outcomes, prescribed in Standards 2 and 3 respectively, can be realized only if there are corresponding pedagogical approaches that make dual use of student learning time. Furthermore, it is important that students recognize engineering faculty as role models of professional engineers, instructing them in disciplinary knowledge, personal and interpersonal skills, and product, process, and system building skills. With integrated learning experiences, faculty can be more effective in helping students apply disciplinary knowledge to engineering practice and better prepare them to meet the demands of the engineering profession.

Rubric:

Scale	Criteria
5	Courses are regularly evaluated and revised regarding their integration of learning outcomes and activities.
4	There is evidence of the impact of integrated learning experiences across the curriculum.
3	Integrated learning experiences are implemented in courses across the curriculum.
2	Course plans with learning outcomes and activities that integrate personal and interpersonal skills with disciplinary knowledge has been approved.
1	Course plans have been benchmarked with respect to the integrated curriculum plan.
0	There is no evidence of integrated learning of disciplines and skills.

Standard 8 -- Active Learning**Teaching and learning based on active experiential learning methods**

Description: Active learning methods engage students directly in thinking and problem solving activities. There is less emphasis on passive transmission of information, and more on engaging students in manipulating, applying, analyzing, and evaluating ideas. Active learning in lecture-based courses can include such methods as partner and small-group discussions, demonstrations, debates, concept questions, and feedback from students about what they are learning. Active learning is considered experiential when students take on roles that simulate professional engineering practice, for example, design-implement projects, simulations, and case studies.

Rationale: By engaging students in thinking about concepts, particularly new ideas, and requiring them to make an overt response, students not only learn more, they recognize for themselves what and how they learn. This process helps to increase students' motivation to achieve program learning outcomes and form habits of lifelong learning. With active learning methods, instructors can help students make connections among key concepts and facilitate the application of this knowledge to new settings.

Rubric:

Scale	Criteria
5	Evaluation groups regularly review the impact of active learning methods and make recommendations for continuous improvement.
4	There is documented evidence of the impact of active learning methods on student learning.
3	Active learning methods are being implemented across the curriculum.
2	There is a plan to include active learning methods in courses across the curriculum.
1	There is an awareness of the benefits of active learning, and benchmarking of active learning methods in the curriculum is in process.
0	There is no evidence of active experiential learning methods.

Standard 9 -- Enhancement of Faculty Competence

Actions that enhance faculty competence in personal and interpersonal skills, and product, process, and system building skills

Description: CDIO programs provide support for the collective engineering faculty to improve its competence in the personal and interpersonal skills, and product, process, and system building skills described in Standard 2. These skills are developed best in contexts of professional engineering practice. The nature and scope of faculty development vary with the resources and intentions of different programs and institutions. Examples of actions that enhance faculty competence include: professional leave to work in industry, partnerships with industry colleagues in research and education projects, inclusion of engineering practice as a criterion for hiring and promotion, and appropriate professional development experiences at the university.

Rationale: If engineering faculty are expected to teach a curriculum of personal and interpersonal skills, and product, process, and system building skills integrated with disciplinary knowledge, as described in Standards 3, 4, 5, and 7, they as a group need to be competent in those skills. Engineering professors tend to be experts in the research and knowledge base of their respective disciplines, with only limited experience in the practice of engineering in business and industrial settings. Moreover, the rapid pace of technological innovation requires continuous updating of engineering skills. The collective faculty needs to enhance its engineering knowledge and skills so that it can provide relevant examples to students and also serve as individual role models of contemporary engineers.

Rubric:

Scale Criteria

5	Faculty competence in personal, interpersonal, product, process, and system building skills is regularly evaluated and updated where appropriate.
4	There is evidence that the collective faculty is competent in personal, interpersonal, product, process, and system building skills.
3	The collective faculty participates in faculty development in personal, interpersonal, product, process, and system building skills.
2	There is a systematic plan of faculty development in personal, interpersonal, product, process, and system building skills.
1	A benchmarking study and needs analysis of faculty competence has been conducted.
0	There are no programs or practices to enhance faculty competence in personal, interpersonal, product, process, and system building skills.

Standard 10 -- Enhancement of Faculty Teaching Competence**Actions that enhance faculty competence in providing integrated learning experiences, in using active experiential learning methods, and in assessing student learning**

Description: A CDIO program provides support for faculty to improve their competence in integrated learning experiences (Standard 7), active and experiential learning (Standard 8), and assessing student learning (Standard 11). The nature and scope of faculty development practices will vary with programs and institutions. Examples of actions that enhance faculty competence include: support for faculty participation in university and external faculty development programs, forums for sharing ideas and best practices, and emphasis in performance reviews and hiring on effective teaching methods.

Rationale: If faculty members are expected to teach and assess in new ways, as described in Standards 7, 8, and 11, they need opportunities to develop and improve these competencies. Many universities have faculty development programs and services that might be eager to collaborate with faculty in CDIO programs. In addition, if CDIO programs want to emphasize the importance of teaching, learning, and assessment, they must commit adequate resources for faculty development in these areas.

Rubric:

Scale Criteria

5	Faculty competence in teaching, learning, and assessment methods is regularly evaluated and updated where appropriate.
4	There is evidence that the collective faculty is competent in teaching, learning, and assessment methods.
3	Faculty members participate in faculty development in teaching, learning, and assessment methods.
2	There is a systematic plan of faculty development in teaching, learning, and assessment methods.
1	A benchmarking study and needs analysis of faculty teaching competence has been conducted.
0	There are no programs or practices to enhance faculty teaching competence.

Standard 11 -- Learning Assessment**Assessment of student learning in personal and interpersonal skills, and product, process, and system building skills, as well as in disciplinary knowledge**

Description: Assessment of student learning is the measure of the extent to which each student achieves specified learning outcomes. Instructors usually conduct this assessment within their respective courses. Effective learning assessment uses a variety of methods matched appropriately to learning outcomes that address disciplinary knowledge, as well as personal and interpersonal skills, and product, process, and system building skills, as described in Standard 2. These methods may include written and oral tests, observations of student performance, rating scales, student reflections, journals, portfolios, and peer and self-assessment.

Rationale: If we value personal and interpersonal skills, and product, process, and system building skills, and incorporate them into curriculum and learning experiences, then we must have effective assessment processes for measuring them. Different categories of learning outcomes require different assessment methods. For example, learning outcomes related to disciplinary knowledge may be assessed with oral and written tests, while those related to design-implement skills may be better measured with recorded observations. Using a variety of assessment methods accommodates a broader range of learning styles, and increases the reliability and validity of the assessment data. As a result, determinations of students' achievement of the intended learning outcomes can be made with greater confidence.

Rubric:

Scale	Criteria
5	Evaluation groups regularly review the use of learning assessment methods and make recommendations for continuous improvement.
4	Learning assessment methods are used effectively in courses across the curriculum.
3	Learning assessment methods are implemented across the curriculum.
2	There is a plan to incorporate learning assessment methods across the curriculum.
1	The need for the improvement of learning assessment methods is recognized and benchmarking of their current use is in process.
0	Learning assessment methods are inadequate or inappropriate.

Standard 12 -- Program Evaluation

A system that evaluates programs against these twelve standards, and provides feedback to students, faculty, and other stakeholders for the purposes of continuous improvement

Description: Program evaluation is a judgment of the overall value of a program based on evidence of a program's progress toward attaining its goals. A CDIO program should be evaluated relative to these 12 CDIO Standards. Evidence of overall program value can be collected with course evaluations, instructor reflections, entry and exit interviews, reports of external reviewers, and follow-up studies with graduates and employers. The evidence can be regularly reported back to instructors, students, program administrators, alumni, and other key stakeholders. This feedback forms the basis of decisions about the program and its plans for continuous improvement.

Rationale: A key function of program evaluation is to determine the program's effectiveness and efficiency in reaching its intended goals. Evidence collected during the program evaluation process also serves as the basis of continuous program improvement. For example, if in an exit interview, a majority of students reported that they were not able to meet some specific learning outcome, a plan could be initiated to identify root causes and implement changes. Moreover, many external evaluators and accreditation bodies require regular and consistent program evaluation.

Rubric:

5	Systematic and continuous improvement is based on program evaluation results from multiple sources and gathered by multiple methods.
4	Program evaluation methods are being used effectively with all stakeholder groups.
3	Program evaluation methods are being implemented across the program to gather data from students, faculty, program leaders, alumni, and other stakeholders.
2	A program evaluation plan exists.
1	The need for program evaluation is recognized and benchmarking of evaluation methods is in process.
0	Program evaluation is inadequate or inconsistent.

Anexo B

CIETI

Neste anexo são apresentadas as relações de parceria do CIETI com outras instituições (B.1), bem como os prémios recebidos por membros da equipa B.2.

B.1 Parcerias com o CIETI

Nacionais:

- Centro de Nanotecnologia e Materiais Técnicos, Funcionais e Inteligentes (CeNTI)
- Centro Tecnológico do Calçado de Portugal (CTCP)
- Centro Tecnológico da Cortiça (CTCOR)
- Centro Tecnológico do Couro (CTIC)
- Escola Superior Agrária de Viseu do Instituto Politécnico de Viseu (ESAV)
- Faculdade de Farmácia da Universidade do Porto (FFUP)
- Instituto de Engenharia Biomédica da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (INEB)
- Instituto de Engenharia Mecânica e Gestão Industrial (INEGI)
- Instituto Português de Oncologia do Porto (IPO Porto)

- Instituto Superior de Engenharia de Coimbra do Instituto Politécnico de Coimbra (ISEC)
- Laboratório de Processos de Separação e Reacção - Laboratório de Catálise e Materiais da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (LSRE - LCM)
- Universidade de Aveiro (UA)
- Universidade de Coimbra (UC)
- Universidade do Minho (UMinho)
- Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD)

Internacionais:

- *Asociación de Investigación de las Industrias del Curtido y Anexas (AIICA)*, Espanha
- *Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS-CECM)*, Vitry, França
- *Ente per le Nuove Tecnologie (ENEA)*, Itália
- *Facoltà di Biologia e Farmacia, Università di Cagliari*, Itália
- *Università degli Studi di Firenze*, Florença, Itália
- Instituto Federal de Santa Catarina, Brasil
- *University of Leuven (KU Leuven)*, Gent, Bélgica
- *Universidad de Deusto*, Bilbao, Espanha
- Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil
- Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, Brasil
- *Università di Pisa (UNIPI)*, Itália
- Laboratório de Sistemas Integráveis (LSI) da Universidade de São Paulo, Brasil
- *Universidad de Salamanca*, Espanha
- Universidade de Santiago de Compostela, Espanha
- Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Brasil
- *Saratov State University*, Rússia

Em termos de indústria nacional, foram feitas parcerias com as seguintes entidades:

- António Nunes de Carvalho, S.A.
- Aquitex - Acabamentos Químicos Textéis, S.A.
- Bioportdiesel, S.A.
- Centro de Formação Profissional da Indústria de Fundição (CINFU)
- Curtumes Aveneda, Lda.
- Curtumes Dias Ruivo, Lda.
- Curtumes Fabrício, S.A.
- Curtumes Joaquim Inácio, Lda.
- Grupo Portucel
- EDP – Distribuição de energia
- EFACEC – Máquinas elétricas
- Ibero Massa Florestal, Lda
- Indinor - Indústrias Químicas, S.A.
- Indutan - Comércio e Indústria de Peles, S.A.
- JOTEX Caldeiras, S.A.
- REN – Redes de energia
- Simples Energia – Comercialização de energia
- Santa Catarina - Indústria Conserveira, S.A.
- SKK – Refrigeração e Climatização
- SORTEGEL – Produtos Congelados, S.A.
- TRATIVI – Máquinas e Acessórios para Enologia
- ROPAR

Outras indústrias:

- Luís Leal & Filhos, S.A.
- RCOOR – *Ecological System*

B.2 Prémios do CIETI

Neste anexo são descritos os prémios recebidos por membros do CIETI.

- 2020
 - Prémio Extraordinário de Doutoramento para a tese de doutoramento de Natércia Lima defendida no ano letivo 2019/20 na Universidade de Salamanca;
- 2019
 - Prémio João Cordeiro – Categoria Inovação em Farmácia com o projeto “MedLis – Medicamentos que Falam” atribuído pela Associação Nacional de Farmácias;
 - Prémio para Melhor Artigo Científico, “Didactical use of a remote lab: a qualitative reflection of a Teacher” atribuído na 7ª Edição TEEM (*Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturalism*), León, Espanha;
- 2018
 - Prémio para Melhor Artigo Científico na categoria de “Advances on Sustainable Development in Higher Education” na 6ª Edição TEEM *Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturalism*;
 - Prémio para Melhor Apresentação Oral no XIII *Congreso TAAE (Tecnología, Aprendizaje y Enseñanza de la Electrónica)*, realizado em San Cristóbal de la Laguna, Tenerife, Ilhas Canárias, Espanha, 20-22 junho 2018, com o trabalho “A reconfigurable and expandable kit to teach electronic circuits based on Operational Amplifiers”;
- 2016
 - Prémio para Melhor Poster na categoria *Innovative Research*, atribuído pela *Prayon* e pela comissão organizadora da WasteEng2016, “Biodiesel from spent coffee grounds by enzymatic catalysis”. WasteEng2016 – *6th International Conference on Engineering for Waste and Biomass Valorisation*, Albi, França, 23-26 maio;
 - Prémio para Melhor Artigo Científico, atribuído na 2ª Edição da Conferência Internacional da Sociedade Portuguesa para Engenharia e Educação (CISPEE2016);
 - Prémio para Melhor Artigo Científico na categoria de “Educação em Engenharia”, atribuída na 4ª Edição da *Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturalism* (TEEM2016);

- 2015
 - Prémio para o Melhor Laboratório Controlado Remotamente, atribuído pelo *Global Online Laboratory Consortium* (GOLC), ao *Virtual Instrument System in Reality* (VISIR), em fevereiro 2015, no decorrer da *12th Remote Engineering & Virtual Instrumentation* (REV'15) ;

- 2012
 - Prémio para a Melhor Demonstração, obtido na REV 2012 IX *International Conference on Remote Engineering & Virtual Instrumentation* (REV'12), com a demonstração intitulada “A Flexible Online Apparatus for Projectile Launch Experiments”, Bilbao, Espanha, 6 julho 2012. Demonstração apresentada por Carlos Manuel Paiva (autor principal), com os contributos de Pedro Nogueira, Arcelina Marques, Gustavo Alves, Pedro Guimarães e Rubem Couto;
 - Mérito de Publicação Científica 2012 atribuído pelo Instituto Politécnico do Porto pelo artigo publicado pelo Investigador Luís Silva no *Journal of the American Society for Mass Spectrometry*, situado nos 10% das revistas científicas de topo da respetiva área.

B.3 Pedido de Autorização de Despesa

PROCEDIMENTO

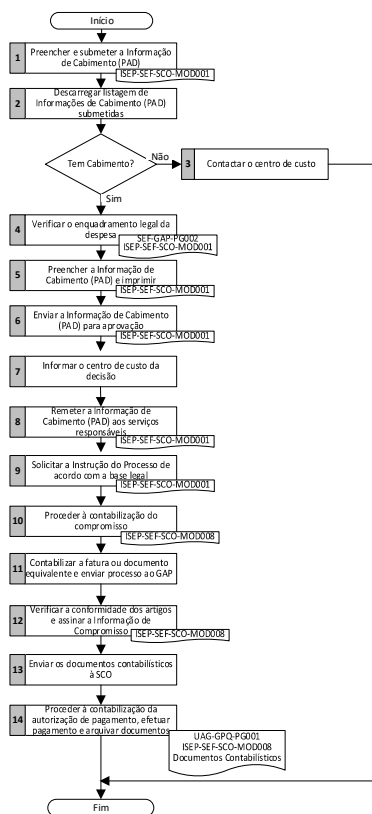
Autorização de Despesa

SEF-SCO-PG001**Versão: 05****Data: 2021-06-02****1. OBJETIVO**

Este procedimento tem como objetivo definir a metodologia adotada no que concerne à emissão e tratamento dos pedidos de Informação de Cabimento (PAD), bem como à verificação do cabimento orçamental, enquadramento legal da despesa, autorização e realização da mesma.

2. MODO DE PROCEDER

2.1 Informações de Cabimento (PAD) para Aquisições

Fluxograma**Comentários**

- Os responsáveis dos centros de custos ou o(s) delegado(s) procedem ao preenchimento e submissão da Informação de Cabimento (PAD) (ISEP-SEF-SCO-MOD001) através do endereço <https://www.isep.ipp.pt/padsisep>.
- A Secção de Contabilidade e Orçamento (SCO) descarrega a Informação de Cabimento (PAD) (ISEP-SEF-SCO-MOD001), no dia útil seguinte à sua submissão sob a forma de uma listagem de Informações de Cabimento (PAD).
- A SCO verifica se a verba disponível no centro de custo emissor da Informação de Cabimento (PAD) (ISEP-SEF-SCO-MOD001) comporta a despesa a realizar. No caso de não ter cabimento, a SCO informa o responsável do centro de custos.
- No caso de existir cabimento, é feita a verificação do enquadramento legal da despesa, efetuando o seu registo contabilístico.
- A SCO preenche o impresso Informação de Cabimento (PAD) (ISEP-SEF-SCO-MOD001) através da listagem de Informações de Cabimento (PAD) e imprime-o.
- A SCO envia ao Presidente a Informação de Cabimento (PAD) (ISEP-SEF-SCO-MOD001) para aprovação.
- A decisão tomada pelo Presidente no ponto anterior é comunicada aos responsáveis pelos Centros de Custos através de mensagem eletrónica.
- Uma vez autorizado o PAD, a SCO remete as Informações de Cabimento (PAD) (ISEP-SEF-SCO-MOD001) para os serviços respetivos.
- É solicitado aos Responsáveis dos Centros de Custo a instrução do processo de acordo com a base legal atribuída (ponto 2.3.).
- No momento em que é contabilizado o cabimento a SCO procede à contabilização do compromisso e imprime a Informação de Compromisso (ISEP-SEF-SCO-MOD008).
- A SCO contabiliza a fatura ou documento equivalente e envia o processo (informação de compromisso, fatura e nota de lançamento) para o Gabinete de Aprovisionamento e Património (GAP) a fim de recolher a assinatura do responsável que atesta a conformidade dos bens ou serviços.
- Depois de receber os artigos e fatura ou documento equivalente, o responsável que efetuou a encomenda verifica a sua conformidade e assina a Informação de Compromisso (ISEP-SEF-SCO-MOD008).
- O GAP anexa à(s) fatura(s) ou documento equivalente a Informação de Compromisso (ISEP-SEF-SCO-MOD008) e remete toda a documentação contabilística à SCO.
- A SCO procede à contabilização da autorização de pagamento e envia o processo para a Tesouraria (TES) a fim de efetuar o pagamento. A SCO arquiva os registos de acordo com o procedimento, Gestão Documental (UAG-GPQ-PG001).

PROCEDIMENTO

Autorização de Despesa

SEF-SCO-PG001
Versão: 05
Data: 2021-06-02

2.2 Contratos

De acordo com o Código dos Contratos Públicos (CCP) existem determinadas situações em que o contrato deverá ser reduzido a escrito. A SCO elabora uma minuta do contrato, em articulação com o Gabinete Jurídico (GJU), sempre que existam dúvidas jurídicas. Nesses casos deverá observar-se o seguinte:

- A SCO submete a minuta do contrato na plataforma eletrónica de contratação, para aprovação do Presidente do ISEP e do adjudicatário;
- O adjudicatário dispõe de 2 e 5 dias úteis para apresentar pronúncia sobre o conteúdo da minuta, consoante se trate de procedimentos adjudicados ao abrigo de ajuste direto e consulta prévia ou concurso público, respetivamente. Caso não o faça dentro do prazo, considera-se que a minuta se encontra tacitamente aceite;
- Quando o adjudicatário propõe alguma alteração à minuta, esta deverá ser colocada à consideração do Presidente. Caso o Presidente não concorde com as alterações propostas pelo adjudicatário, será redigida nova minuta;
- Uma vez acordados os termos da minuta do contrato, a SCO procede à formalização do contrato através da assinatura do mesmo;
- Depois de assinado o contrato, a SCO envia uma cópia do mesmo ao gestor do contrato.

Qualquer alteração às cláusulas contratuais durante a execução do contrato, deverá ser autorizada pelo Presidente mediante proposta elaborada pela SCO.

É da responsabilidade do Gestor do contrato garantir a boa execução do mesmo e, sempre que se verificarem não conformidades na sua execução, devem enviá-las à SCO. Também é da competência do gestor do contrato avaliar o adjudicatário de acordo com o descrito no procedimento, Avaliação de Fornecedores (SEF-GAP-PG005).

2.3 Instrução do Processo de Despesa

Base legal		O quer fazer
Ajuste Direto Simplificado	< 1000 €	Adjudicar
	> 1000 €	Enviar 2 orçamentos à SCO
Ajuste Direto		Enviar listagem em Excel com as especificações técnicas à SCO
Consulta prévia		Enviar listagem em Excel com as especificações técnicas à SCO
Concurso Público		Enviar listagem em Excel com as especificações técnicas à SCO

O processo de despesa é efetuado de acordo com o descrito no procedimento, Aquisição de bens, serviços ou empreitadas (SEF-GAP-PG002).

3. APROVAÇÃO

Aprovado por: Serviços Económico-Financeiros (Marta Moutinho)

B.4 Pedido de Autorização de Receita

PROCEDIMENTO

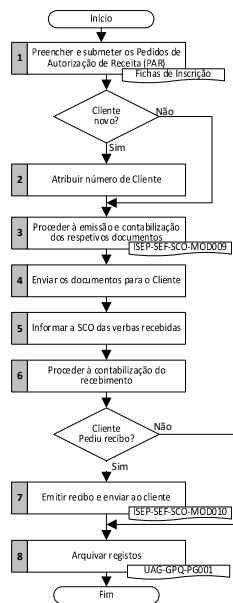
Pedido de Autorização de Receita

SEF-SCO-PG002**Versão: 06****Data: 2021-06-02****1. OBJETIVO**

Este procedimento tem como objetivo definir a metodologia adotada pelos Centros de Custo para efetuar pedidos de autorização de receita à Secção de Contabilidade e Orçamento (SCO) por serviços prestados ao exterior, bem como, sempre que seja necessário, efetuar pedidos de retificação de débitos.

2. MODO DE PROCEDER

2.1 Emissão de Débitos

Fluxograma**Comentários**

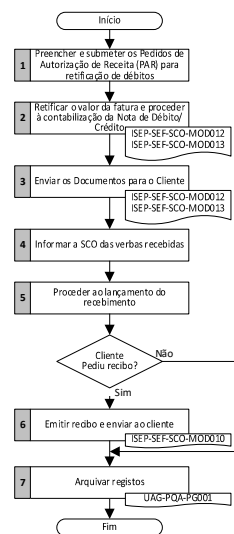
- Os Centros de Custos que necessitem de debitar serviços ou outros ao exterior, procedem ao preenchimento e submissão dos PAR's através do endereço <https://www.isep.ipp.pt/padsisep>. Exceto no caso do Centro de Estudos de Águas (CEA) que efetua um Pedido de Emissão de Fatura (PEF) diretamente no software Primavera.
- Caso o serviço a debitar seja relativo a um cliente novo, a SCO atribuiu-lhe um número de cliente (número sequencial). Exceto no caso do CEA em que a realização de um PEF obriga a que exista previamente número de cliente tendo que, para isso, enviar um email à SCO com os dados do novo cliente para que o mesmo seja criado.
- A SCO procede à emissão e contabilização dos respetivos documentos (ISEP-SEF-SCO-MOD009).
- A SCO envia os documentos para o(s) cliente(s), preferencialmente por correio eletrónico.
- Após a receção do recebimento a Tesouraria (TES) informa a SCO das verbas recebidas.
- A SCO procede à contabilização do recebimento.
- Quando solicitado pelo cliente, a SCO procede à emissão do recibo (ISEP-SEF-SCO-MOD010) e envia-o para o cliente.
- O duplicado dos documentos (fatura, fatura/recibo) são arquivados sequencialmente, em formato digital, numa pasta partilhada pelos SEF. A SCO arquiva os documentos contabilísticos de acordo com o procedimento, Gestão Documental (UAG-GPQ-PG001).

PROCEDIMENTO

Pedido de Autorização de Receita

SEF-SCO-PG002
Versão: 06
Data: 2021-06-02

2.2 Retificação de Débitos

Fluxograma**Comentários**

1. Sempre que seja necessário proceder à retificação de uma fatura, os Centro de Custos procedem ao preenchimento e submissão dos PAR's através do endereço <https://www.isep.ipp.pt/padsisep>. (Se o erro na emissão da fatura for da responsabilidade da SCO, esta emite o documento).
2. A SCO retifica o valor da fatura emitindo uma Nota de Crédito (no caso de faturas passadas por um valor superior) (ISEP-SEF-SCO-MOD013) ou Nota de Débito (no caso de faturas passadas por um valor inferior) (ISEP-SEF-SCO-MOD012) e procede à contabilização dos documentos no respetivo centro de custos.
3. A SCO envia os documentos para o(s) cliente(s), preferencialmente por correio eletrónico.
4. Após a receção do recebimento a TES informa a SCO das verbas recebidas, se for o caso.
5. A SCO procede ao lançamento do recebimento.
6. A SCO procede à emissão do recibo (ISEP-SEF-SCO-MOD010) e envia ao cliente, caso este o tenha pedido expressamente, sempre que possível via email.
7. O duplicado dos documentos (nota de débito ou nota de crédito) é arquivado juntamente com o "Pedido de Autorização de Receita". A SCO arquiva os documentos contabilísticos, de acordo com o procedimento, Gestão Documental (UAG-GPQ-PG001).

2.3 Guias de Receita/Faturas-Recibo

Quando exista a entrega de valores na TES, a SCO emite um Recibo - Guia de Receita (ex: emolumentos, multas da Biblioteca, fotocópias do Gabinete de Reprodução Documental), de modo a garantir o registo sistemático e sequencial de todos os movimentos de disponibilidades.

No caso da identificação nas contas bancárias de transferências bancárias que não têm nenhuma fatura associada, a SCO emite uma Fatura-Recibo (ISEP-SEF-SCO-MOD011) de modo a garantir o registo sistemático e sequencial de todos os movimentos de disponibilidades.

Nas situações atrás referidas não é necessário a submissão de PAR dado que quem identifica estes movimentos é o próprio serviço.

3. APROVAÇÃO

Aprovado por: Serviços Económico-Financeiros (Marta Moutinho)

B.5 Serviços Pedidos de Autorização Eletrónicos

- Pedidos de Autorização de Despesa Electrónicos
 - Alterar PAD's Pendentes;
 - Listagem de PAD's;
 - Listagem da Execução dos PAD's;
 - Listagem de execução por rubrica do Projecto;
 - Consultar Acordo Quadro (AQ)
 - Consulta da situação financeira;
 - Consultar Vocabulário Comum para os Contratos Públicos (CPV) [94];
 - Consultar contratos em vigor;
 - Listagem de fornecedores com situação regularizada;
 - Listagem de fornecedores em Ajuste Directo - Regime Simplificado;
 - Listagem material de economato.
- Pedidos de Autorização de Receita Electrónicos
 - Alterar Pedidos de Autorização de Receita;
 - Listagem de Pedidos de Receita;
 - Listagem da Execução dos PAR's.
- Imobilizado
 - Listagem Imobilizado.

B.6 Campos de Atuação da Biblioteca

A biblioteca do ISEP é uma biblioteca académica especializada, em regime de livre acesso, o que permite, a todos os utilizadores, consultarem livremente os documentos existentes.

Compete-lhe o fornecimento de informação à comunidade académica, no apoio ao ensino, aprendizagem e investigação. Tem como objectivos prioritários o tratamento, a organização, a divulgação e a preservação do fundo documental, indo ao encontro das necessidades dos seus utilizadores.

Serviços

- Leitura de presença;
- Leitura domiciliária a utilizadores internos (empréstimo);
- Reservas;

- Empréstimo interbibliotecas (faculta e solicita a instituições externas);
- Serviço de referência (apoio na pesquisa).

B.7 Campos de Atuação da Secção de Pessoal

Serviços

- Preparar os processos relativos ao recrutamento, seleção e provimento, bem como à promoção, prorrogação e renovação de contratos, mobilidade, exoneração, rescisão de contratos e aposentação de pessoas;
- Instruir e gerir a informação relativa aos processos relativos a faltas, férias, licenças, equiparações a bolseiro, dispensa de serviço e acumulações;
- Instruir e dar andamento aos processos relativos à concessão de benefícios sociais das pessoas em serviço no ISEP e seus familiares, designadamente os respeitantes a prestações de encargos familiares, prestações complementares, ADSE, pensões e subsídios a que tenham direito
- Passar as certidões e declarações de tempo de serviço que lhe sejam solicitadas e outros documentos de certificação;
- Organizar e manter atualizados os processos individuais das pessoas em serviço no ISEP;
- Organizar os procedimentos de avaliação de desempenho do pessoal não docente e manter atualizado, em articulação com o Conselho Técnico-científico, o registo da avaliação do pessoal docente;
- Manter atualizados os registos da assiduidade e pontualidade das pessoas ao serviço do ISEP;
- Propor medidas necessárias ao cumprimento da legislação em vigor sobre higiene e segurança no trabalho

B.8 Campos de Atuação do Gabinete de Planeamento e Qualidade

Serviços

- Gestão documental;
- Auditorias da Qualidade;
- Ações Corretivas;
- Elaboração de Regulamentos.

B.9 Campos de Atuação do Gabinete de Apoio a Projetos

Serviços

- A deteção de oportunidades relativamente a projetos e programas de financiamento;
- A recolha e sistematização de informação relativa a programas nacionais e internacionais, em particular da União Europeia, de apoio a atividades de Investigação, Desenvolvimento e Inovação;
- A disseminação das oportunidades de apoio às atividades de Investigação, Desenvolvimento e Inovação, pelos docentes, investigadores e outros colaboradores do ISEP;
- A promoção da criação das parcerias mais adequadas à realização dos projetos;
- O apoio aos docentes, investigadores e outros colaboradores na preparação de candidaturas a projetos cofinanciados, nomeadamente nas suas componentes de natureza administrativa e financeira;
- O apoio aos docentes, investigadores e outros colaboradores na preparação dos orçamentos dos projetos;
- A disponibilização da informação aos docentes, investigadores e outros colaboradores sobre como deverão proceder nos aspetos que têm implicações em termos administrativos e financeiros (aquisição de bens e serviços, etc.);
- O acompanhamento financeiro e administrativo associado à execução dos projetos;
- A elaboração dos relatórios financeiros dos projetos cofinanciados;
- A comunicação com as organizações/instituições financiadoras, disponibilizando a documentação solicitada para a evidência dos procedimentos que tenham lugar no âmbito dos projetos.

B.10 Estrutura Relatório Atividades Setorial do CIETI

1. Gestão e organização interna;
2. Recursos humanos;
3. Infraestruturas e equipamentos

4. Projetos de investigação
5. Projetos de doutoramento
6. Publicações científicas
7. Comunicações e posters
8. Participações em eventos de relevância científica
9. Prémios de mérito científico
10. Transferência de tecnologia
11. Internacionalização
12. Sustentabilidade
13. Análise do Plano de Atividades Setorial
14. Conclusões e linhas de ação
15. Encerramento
16. Anexos
 - (a) Anexo 1 - Lista das publicações científicas
 - (b) Anexo 2 - Lista das comunicações e dos posters

Constituir o dossier do financiamento físico ou em versão digital, nomeadamente, com seguintes elementos:

- Formulário de candidatura e respetivos anexos e comunicação da proposta de decisão e decisão final de aprovação;
- Orçamento por rubrica de despesa em função do financiamento concedido;
- Contrato-programa e eventuais adendas;
- Protocolo entre instituições, quando aplicável;
- Pedidos de alteração à decisão de aprovação;
- Documentos comprovativos da aplicação do regime jurídico da contratação pública, quando aplicável;
- Documento comprovativo do regime de IVA emitido pelas Finanças;
- Listas discriminativas das despesas e dos documentos comprovativos de despesa e de pagamento de acordo com o referido no ponto anterior;

- Quando aplicável, *check-list* no modelo disponibilizado devidamente preenchida para cada procedimento de contratação pública de aquisição de bens móveis ou de serviços cujas despesas são imputadas ao financiamento, bem como a documentação de suporte;
- Relatórios de análise dos pedidos de pagamento emitidos pela FCT;
- Documentação relativa à publicidade dos apoios recebidos;
- Documentos de suporte dos processos das bolsas concedidas no âmbito do financiamento, conforme estabelecido nas Normas para a atribuição e gestão de bolsas no âmbito de projetos e instituições de I&D;
- Documentos de suporte aos contratos de trabalho cujos custos salariais estejam a ser imputados ao financiamento, incluindo contratos celebrados com investigadores doutorados;
- Extratos bancários do depósito das transferências de verbas recebidas da FCT;
- Relatórios de progresso e relatório final;
- Documentação relativa a eventuais auditorias;
- Comunicações de e para a FCT no âmbito do financiamento

B.11 Funcionalidades FCT-SIG: Projectos de I&D

Resultados de Avaliação

Acesso aos comentários dos painéis de avaliação permitindo aceitar ou não a decisão de financiamento do projecto.

Gestão de Projectos

Informação completa sobre:

1. Gestão científica, incluindo visão global da candidatura, avaliação da candidatura, eventuais alterações autorizadas ao projecto, submissão de relatórios de progresso, submissão de relatório final, e avaliação de relatório final.
2. Gestão financeira, incluindo formulário de candidatura FEDER (quando aplicável), Contrato/Termo de Aceitação (minuta), orçamento do projecto e alterações orçamentais autorizadas, detalhes de pagamentos, detalhes das despesas com análise por pedido de pagamento, e relatório financeiro final.

Dedicação a Projectos

Apresentação da percentagem de tempo de dedicação, à data da pesquisa e, em particular, com data de fim não ultrapassada, nos projectos de investigação em que participa, e do papel desempenhado em cada projecto.

Notas e Informações

Descrição do procedimento administrativo a seguir após comunicação dos resultados de avaliação, ligações a regulamentos e regras particularmente relevantes, etc. Este tipo de informação será actualizado regularmente.

B.12 Ficha Individual IPCTN2020

9/29/21, 6:39 PM

IPCTN

IPCTN20

SAIR

Inquérito ao Potencial Científico e Tecnológico Nacional 2020

Mariana Miguel Pinto Pereira da Silva

[Voltar à lista de fichas individuais](#)**Ficha individual**

[As fichas individuais devem ser preenchidas e/ou atualizadas por todos os indivíduos titulares de diploma do ensino superior afetos a atividades de I&D na Unidade em 2020, independentemente do tipo de contrato laboral, incluindo bolseiros e outros indivíduos cujo salário esteja a cargo de outra instituição. Se os investigadores executaram atividades de I&D em mais do que uma instituição, devem preencher também a respetiva ficha individual nessas outras Unidades de investigação.]

1. Denominação da Unidade em 2020:

Centro de Inovação em Engenharia e Tecnologia Industrial

2. Nome completo:**3.1. Tipo de identificação:**

Bilhete de identidade ou cartão de cidadão

3.2. Número de identificação:**4.1. Ciência ID:****4.2. Identificador ORCID:****5. Data de nascimento:****6. Sexo:**
 Masculino Feminino
7. País de nacionalidade:

Portugal

8. Correio eletrónico:**9. Nível de escolaridade:**

[Deve preencher o nível de escolaridade completo mais elevado obtido até final de 2020 e a respetiva área.]

Nível	Área do nível
Licenciatura	2.2. Engenharia eletrotécnica, eletrónica e informática

Outra área do nível - Qual?

10. Situação perante as atividades de I&D nesta Unidade em 2020:
 Não exerceu atividades de I&D ou de apoio direto a I&D
 Exerceu atividades de I&D ou de apoio direto a I&D
10.1. Percentagem de tempo em atividades de I&D ou de apoio direto a I&D nesta Unidade em 2020:

[Deve fazer uma estimativa da percentagem de tempo despendido em atividades de I&D nesta Unidade, tendo como referência a pessoa/ano. Se este afeto a I&D ou a outras atividades em outra Unidade, deverá ter em conta estas situações na estimativa do seu tempo em I&D (sugere-se a consulta dos exemplos apresentados no Anexo II).]

- até 5%
 de 6 a 10%
 de 11 a 20%
 de 21 a 30%
 de 31 a 40%
 de 41 a 50%
 de 51 a 60%
 de 61 a 70%
 de 71 a 80%
 de 81 a 90%
 de 91 a 100%

11. Área principal das suas atividades de I&D desenvolvidas nesta Unidade em 2020:

2.2. Engenharia eletrotécnica, eletrónica e informática

Outra - Qual?

12. Indique a sua situação profissional nesta Unidade em 2020:

[Se em 2020 teve situações profissionais diferentes nesta Unidade, assinale a representativa do maior número de meses do ano.]

- Contrato de trabalho com a Unidade ou com a Instituição de Enquadramento da mesma (Universidade/Faculdade/Escola/Hospital, etc.)
 [Ex: contrato por tempo indeterminado; contrato a termo; Comissão de serviço; Requisição]
 Contrato de prestação de serviços com a Unidade ou com a Instituição de Enquadramento da mesma (Universidade/Faculdade/Escola/Hospital, etc.)
 [Ex: contratação por recibos-verdes, Ato Único ou outro tipo de trabalho independente]
 Bolseiro(a) (Indivíduos pagos pela Unidade ou pela sua Instituição de Enquadramento, pela FCT ou por outra instituição)
 Outra situação (Indivíduos pagos por outras instituições, como por exemplo, docentes de outros estabelecimentos de Ensino Superior e trabalhadores de outras entidades públicas ou privadas; aposentados, estudantes e outros colaboradores sem remuneração)

12.1. Indique a sua atividade profissional em 2020 de acordo com a situação declarada na questão anterior:

[Consulte o Anexo VI.]

9/29/21, 6:39 PM

IPCTN

Bolsista(a) - Bolsa de Investigação (BI)

Outra situação, Qual?

12.3. Indique o valor médio mensal líquido de salário ou outro tipo de compensação financeira auferida em 2020:

- Salário (médio mensal líquido) c
- Compensação financeira (montante mensal) c
- Compensação financeira (montante total) c
- Sem salário nem outra compensação financeira

13. Instituição responsável pelo pagamento do seu salário/bolsa em 2020:

- Unidade pela qual está a responder ou Instituição de Enquadramento da mesma (Universidade/Faculdade/Escola/Hospital, etc.)
- Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT)
- Outra Instituição do Estado nacional. Qual?
- Instituição do Estado estrangeira
- Instituição do ensino superior público nacional. Qual?
- Instituição do ensino superior privado nacional. Qual?
- Instituição do ensino superior estrangeira
- Instituição privada sem fins lucrativos nacional
- Instituição privada sem fins lucrativos estrangeira
- Empresa nacional
- Empresa estrangeira

14. Indique a função principal que desempenhou no âmbito das atividades de I&D da Unidade em 2020:

- Investigador**
Profissionais que trabalham na conceção ou na criação de novos conhecimentos;
Orientação de pesquisas, desenvolvimento e aperfeiçoamento de conceitos, teorias, modelos, técnicas de instrumentação, software ou métodos operacionais;
Recolha, tratamento, avaliação, análise e interpretação de dados de pesquisa;
Avaliação de resultados das investigações/experiências; apresentação das conclusões usando diferentes técnicas e modelos;
Aplicação de princípios, de técnicas e processos para desenvolver ou melhorar aplicações práticas;
Planeamento e gestão dos aspetos científicos e técnicos das atividades de I&D;
Preparação de artigos científicos e relatórios.
- Técnico ou equivalente**
A sua principal missão exige conhecimento técnico e experiência;
Pesquisa e revisão bibliográfica ou recolha de informação;
Execução de atividade laboratorial (experiências, testes e análises) e manutenção e reparação do equipamento;
Preparação de programas de computador;
Assistência na recolha, registo, análise de dados e preparação de relatórios;
Assistência de questionários e entrevistas;
Outras tarefas de assistência técnica e de apoio às atividades de I&D.
- Outro pessoal de apoio**
Execução de tarefas administrativas e de secretariado (inclui organização de conferências e eventos);
Prestação de serviços jurídicos e relacionados de nível intermédio;
Inspeção para aplicação da lei e similares;
Assistência técnica em galerias, bibliotecas, arquivos e museus;
Execução de tarefas qualificadas na agricultura, floresta e pesca;
Execução de tarefas de operação de instalações e máquinas e trabalhos de montagem;
Gestão de aspetos financeiros e de recursos humanos e administração de assuntos de caráter geral.

15. Tempo despendido no preenchimento desta ficha: Minutos[Voltar à lista de fichas individuais](#)

29/9/2021

[Informação sobre o inquérito](#) | [Nota de privacidade](#) | [Legislação](#) | [Instruções](#) | [Anexos](#) | [Contactos](#) | [Relatório](#)