



Desenvolvimento e Avaliação de Meios de Apoio ao Ensino de Engenharia

MARIA HELENA PINTO ROCHA

novembro de 2016

DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DE MEIOS DE APOIO AO ENSINO DE ENGENHARIA

Maria Helena Pinto Rocha



Departamento de Engenharia Eletrotécnica

Mestrado em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Eléctricos de Energia

2016

Relatório elaborado para satisfação parcial dos requisitos da Unidade Curricular de DSEE -
Dissertação do Mestrado em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Elétricos de Energia

Candidato: Maria Helena Pinto Rocha, Nº 1100357, 1100357@isep.ipp.pt

Orientação científica: Prof. Manuel Carlos Felgueiras, MCF@isep.ipp.pt



Departamento de Engenharia Eletrotécnica

Mestrado em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Elétricos de Energia

2016

À minha querida família.

Agradecimentos

Quero aqui expressar a minha gratidão pela disponibilidade, auxílio, apoio, motivação e transmissão de conhecimentos prestados por todos os intervenientes neste trabalho, pois sem eles teria sido impossível a concretização do mesmo.

Gostaria de agradecer a professores e colegas de trabalho que sempre me incentivaram e apoiaram nos momentos de maiores dificuldades e ainda aos alunos que se disponibilizaram a colaborar nos vários momentos de tentativa de validação do trabalho desenvolvido.

Ao Professor Manuel Carlos Felgueiras por ter aceite ser meu orientador e por tanto me ter apoiado e motivado em todo o processo de desenvolvimento do presente trabalho.

Por fim, um agradecimento especial aos meus pais por me terem apoiado nos momentos menos bons e de maiores fraquezas e por me terem feito acreditar que seria capaz de atingir os meus objetivos.

A todos, muito obrigada.

Resumo

Uma vez encurtado o número de anos das licenciaturas, com a entrada em vigor do Processo de Bolonha (PB), o tempo disponível para o ensino e aprendizagem torna-se bastante valioso devendo ser bem gerido e aproveitado. Com o objetivo de fazer uma melhor gestão desse tempo optou-se por utilizar as novas tecnologias para desenvolver meios de apoio ao ensino.

Com vista a colmatar algumas lacunas existentes no conhecimento dos alunos e domínio de alguns conceitos básicos da Eletrónica, será, neste trabalho, desenvolvido um conjunto de meios de apoio ao ensino que consistirão em elementos audiovisuais explicativos de três matérias diferentes. O primeiro vídeo fará a distinção entre *cargas lineares* e *cargas não-lineares*, o segundo apresentará uma explicação simples do conceito de *harmónico* e o último consistirá na distinção entre *terra* e *massa* e suas funções.

Depois de desenvolvidos torna-se necessária a sua validação, com vista a conseguir provar a utilidade dos mesmos. Esta validação será feita recorrendo a questionários aplicados a uma amostra da comunidade estudantil do curso de Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Elétricos de Energia do Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP).

Palavras-Chave

Estudo de engenharia, ensino de eletricidade, educação em engenharia, cargas lineares, cargas não-lineares, conceito de terra, conceito de massa, conteúdo harmónico.

Abstract

Once shortened the number of years of undergraduate education, with the entry of the Bologna directive, the time available for learning becomes quite valuable and should be properly managed and better used. In order to enhance the time management, priorities were chosen and new ways to support educational instruction were assured by new technological means.

In the scope of this thesis and in order to cap students' minds and master some basic knowledge of Electronics, this work will develop and set a foundation to uphold and support pedagogical skills based on visual motion elements of three separate subjects. A first video will distinguish the difference between linear loads and nonlinear loads, followed up by a second video where we define the harmonic concept on a step-by-step approach and lastly, a final video, in which we set apart earth and ground functions in distinction.

Once the support becomes developed, it's necessary to validate the approach in order to prove its efficiency. Validation will be set thru survey polls on a student population sample within the undergrads of Electrical Engineering on Electrical Energy Systems course of the college institute Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP).

Keywords

Study of engineering, electricity education, engineering education, linear, non-linear loads, concept of earth, ground concept, Harmonic content

Résumé

Afin de colmater certaines lacunes existantes dans les connaissances et domaine de quelques concepts basiques sur l'Électronique auprès des étudiants, dans ce travail seront développés des ensembles de moyens de soutien à l'enseignement présentés par éléments audiovisuels explicatifs de trois matières différentes.

La première vidéo fera la distinction entre des charges linéaires et des charges non-linéaires, la seconde présentera une explication simple du concept d'harmonique et la dernière permettra distinguer entre terre et masse et ses fonctions.

Une fois réduit le nombre d'années d'études dans l'enseignement supérieur avec l'entrée en vigueur du Procès de Bologne, le temps disponible pour l'apprentissage se fait assez précieux et doit être bien géré et profité. Afin de faire une meilleure gestion de ce temps s'a opté par utiliser les nouvelles technologies pour développer ces ressources d'appui à l'éducation.

Après développés, il est nécessaire leur validation afin de réussir à prouver l'utilité des mêmes. Cette validation sera effectuée à l'aide de simples questionnaires appliqués à un échantillon de la communauté étudiante du cours d'Ingénierie électrique - systèmes électriques de puissance.

Postérieurement, avec les résultats obtenus, il sera fait la publication d'un article explicatif du travail développé et respectives conclusions.

Mots-clés

Etude d'ingénierie, charges linéaires, des charges non - linéaires, la terre, la masse.

Índice

AGRADECIMENTOS	I
RESUMO	III
ABSTRACT	V
ÍNDICE	IX
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
ÍNDICE DE TABELAS	XV
ACRÓNIMOS	XVII
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO	2
1.2. OBJETIVOS	3
1.3. CALENDARIZAÇÃO	3
1.4. ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO	4
2. ENQUADRAMENTO	7
3. PROCESSO DE ENSINO E APRENDIZAGEM	11
3.1. PROCESSO DE BOLONHA	11
3.2. ANÁLISE NO ÂMBITO DA ENGENHARIA ELETROTÉCNICA	13
3.3. DIFERENTES VISÕES	15
3.4. RELAÇÃO PROFESSOR-ALUNO	16
3.5. CENTRALIZAÇÃO DO PROCESSO DE ENSINO	17
3.6. EXPERIÊNCIA PESSOAL	18
4. TRABALHOS ANTERIORMENTE DESENVOLVIDOS	21
5. METODOLOGIA DE TRABALHO	31
6. CONCEITOS CRÍTICOS	33
6.1. CARGAS ELÉTRICAS.....	34
6.2. HARMÔNICOS	43
6.3. CONCEITOS DE LIGAÇÃO DE TERRA E NÓ DE MASSA	65
7. AVALIAÇÃO DE MEIOS EXISTENTES	71
8. MEIOS DESENVOLVIDOS	77

9. VALIDAÇÃO	81
9.1. METODOLOGIA DE VALIDAÇÃO	81
9.2. ANÁLISE ESTATÍSTICA DE RESULTADOS	82
10. CONCLUSÕES	101
REFERÊNCIAS DOCUMENTAIS.....	107
ANEXO A – QUESTIONÁRIO.....	111
ANEXO B- EXCEL ANÁLISE DE RESULTADOS 1	113
ANEXO C- EXCEL ANÁLISE DE RESULTADOS 2	115
ANEXO D- EXCEL ANÁLISE DE RESULTADOS 3	117

Índice de Figuras

Figura 1 : Representação simples do estado inicial e final dos alunos no ensino superior.	8
Figura 2 : Característica de um componente linear.	35
Figura 3 : Corrente resultante de uma bobine.	36
Figura 4 : Corrente resultante de um condensador.	37
Figura 5 : Característica de um componente não linear.	37
Figura 6 : Característica de um díodo.	38
Figura 7 : Primeiro exemplo de uma carga linear.	40
Figura 8 : Segundo exemplo de uma carga linear.	40
Figura 9 : Corrente resultante de uma carga linear.	40
Figura 10 : Exemplo de uma carga não linear.	41
Figura 11 : Corrente impulsional.	42
Figura 12 : Função Par [32].	44
Figura 13 : Função Impar [32].	45
Figura 14 : Função Periódica.	46
Figura 15 : Área Sinusoide Perfeita (cos).	49
Figura 16 : Área Sinusoide Perfeita (sin).	50
Figura 17 : Retificação de Onda Completa.	52
Figura 18 : Representação da onda retificada.	54

Figura 19 : Representação do primeiro harmónico.	55
Figura 20 : Representação do terceiro harmónico.	55
Figura 21 : Representação de harmónicos de ordens consecutivas.	56
Figura 22 : Representação da primeira aproximação.	57
Figura 23 : Representação da segunda aproximação.	57
Figura 24 : Representação da décima aproximação.	58
Figura 25 : Representação do espectro harmónico da onda original.	59
Figura 26 : Domínio dos tempos e frequências.	59
Figura 27 : Componentes da senoide real.	62
Figura 28 : Instalação eléctrica com terra de protecção [38].	65
Figura 29 : Terra de protecção na presença de defeito [38].	66
Figura 30: Representação de um circuito com defeito ligado a uma tomada sem terra de protecção [38].	67
Figura 31 : Exemplo de um circuito com a marcação do nó de referencia [38].	67
Figura 32 : Circuito com três massas independentes [39].	68
Figura 33 : Exemplos de imagens do Módulo 1.	78
Figura 34 : Exemplos de imagens do Módulo 2.	79
Figura 35 : Exemplos de imagens do Módulo 3.	79
Figura 36 : Gráfico da evolução nas respostas 1.	84
Figura 37 : Gráfico de resultados obtidos nas perguntas sobre cargas 1.	85
Figura 38 : Gráfico de resultados obtidos nas perguntas sobre harmónicos 1.	85

Figura 39 : Gráfico de resultados obtidos nas perguntas sobre terra e massa 1.	86
Figura 40 : Gráfico da evolução nas respostas 2.	88
Figura 41 : Gráfico de resultados das perguntas sobre cargas 2.	89
Figura 42 : Gráfico de resultados das perguntas sobre harmónicos 2.	90
Figura 43 : Gráfico de resultados das perguntas sobre terra e massa 2.	90
Figura 44 : Gráfico da evolução nas respostas 3.	95
Figura 45 : Gráfico de resultados das perguntas sobre cargas 3.	95
Figura 46 : Gráfico de resultados das perguntas sobre harmónicos 3.	96
Figura 47 : Gráfico de resultados das perguntas sobre terra e massa 3.	96

Índice de Tabelas

Tabela 1 : Calendarização do projeto.	4
Tabela 2 : Cálculo do THD.	60
Tabela 3 : Limites de Distorção da Corrente em Sistemas de Distribuição (120V a 69kV).	63
Tabela 4 : Limites de distorção de corrente em Sistemas de alta tensão e geração e cogeração isolados.	64
Tabela 5 : Limites de distorção de tensão.	64
Tabela 6 : Possibilidades de terra e/ou massa para equipamentos.	69
Tabela 7 : Meios existentes classificados.	72
Tabela 8 : Avaliação de meios existentes.	73
Tabela 9 : Correção do questionário.	83
Tabela 10 : Respostas corretas (%) na sessão1.	83
Tabela 11 : Respostas corretas (%) na sessão2.	88
Tabela 12 : Respostas corretas (%) na sessão3.	95
Tabela 13 : Respostas com percentagem negativa.	99
Tabela 14 : Numero de questionários completamente certos.	99

Acrónimos

AC	<i>Alternate Current</i>
CIETI	Centro de Inovação em Engenharia e Tecnologia Industrial
DC	<i>Direct Current</i>
DEE	Departamento de Engenharia Eletrotécnica
DF	Disjuntor Diferencial
EHEA	European Higher Education Area
ERA	European Research Area
FPAAs	Field-Programmable Analog Array
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IPP	Instituto Politécnico do Porto
ISEP	Instituto Superior de Engenharia do Porto
MOOC	Massive Open Online Course
PAC	Ponto de Acoplamento Comum
PB	Processo de Bolonha
PSoC	Programmable System-on-Chip
QEE	Qualidade de Energia Elétrica
SEE	Sistemas Elétricos de Energia

TAAE	Tecnología, Aprendizaje y Enseñanza de la Electrónica
TDD	Total Demand Distortion
THD	Total Harmonic Distortion
TIC	Tecnologias de Informação e Comunicação
UC	Unidade Curricular
VISIR	Virtual Instruments Systems In Reality

1. INTRODUÇÃO

O ensino da Engenharia tem enfrentado várias dificuldades, especialmente ao longo dos últimos anos, que se podem genericamente agrupar em dificuldades ao nível *institucional* e ao nível do *aluno*.

Em relação às primeiras, refere-se frequentemente a diminuição dramática do tempo de contacto entre professor-aluno decorrente essencialmente da entrada em vigor do Processo de Bolonha e da diminuição do tempo alocado a cada Unidade Curricular (UC). A primeira teve como consequência a diminuição da duração dos cursos de licenciatura de 5 para 3 anos. A segunda diz respeito ao tempo presencial nas UCs que tem vindo sucessivamente a descer, e que seria parcialmente compensada pelo trabalho de aprendizagem autónoma do aluno. Refira-se que esta situação é particularmente preocupante dado que temos assistido a essas diminuições de modo sucessivo. Estes dois efeitos juntos fazem com que o tempo presencial entre professor-aluno seja hoje uma fração do que foi no passado, com consequências que ainda estão longe de serem completamente compreendidas.

O aluno, enquanto sujeito ativo no processo de aprendizagem, faz parte de uma geração nova e com características diferentes da anterior. As diferenças referem-se ao tempo de concentração, agora mais reduzido, e à maior apetência para o digital, em especial para a imagem. Esta nova geração parece assim melhor adaptada para os tempos atuais. No entanto tem como docentes pessoas de geração mais antiga e com características que eram

as mais adaptadas aos tempos de então. A sua elevada experiência acumulada é sem dúvida um fator positivo mas as metodologias que tendem a ser utilizadas podem não ser adequadas para a nova geração.

Ao nível prático foram identificados alguns conceitos muito importantes e estruturantes, a que chamaremos *conceitos críticos*, que não são de todo apreendidos pelos alunos, tendo como consequências a não aprendizagem de conceitos mais avançados que os têm por base. Tais conceitos críticos incluem o de *carga linear e carga não-linear*, o conceito de *distorção harmónica* e o conceito de *terra e massa*.

Coloca-se assim a pertinente questão da necessidade de passar para esta nova geração de alunos os conceitos críticos, mas tendo em consideração as elevadas restrições temporais referidas.

O presente trabalho tem assim como objetivos principais a avaliação de meios pedagógicos existentes, de apoio ao ensino dos considerados conceitos críticos e desenvolvimento de novos meios de apoio mais adequados às necessidades dos alunos da geração atual.

1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO

Com o objetivo de construir um espaço europeu de ensino superior globalmente harmonizado, o Processo de Bolonha trouxe consigo diversas alterações, nomeadamente no que diz respeito à duração das Licenciaturas, passando estas de 5 para 3 anos o que fez com que o nível de especialização se tornasse mais elevado. Consequentemente alguns dos conceitos são, necessariamente, abordados de modo mais ligeiro.

Em Sistemas Elétricos de Energia (SEE) é exemplo a questão das cargas não-lineares que tem como consequência a distorção harmónica da tensão na rede. Este tema em particular tem-se revelado pouco dominado pelos alunos, embora se trate de uma matéria muito importante no futuro. Uma forma de tentar colmatar esta lacuna será a de fazer um levantamento e/ou desenvolver *meios de apoio ao ensino/aprendizagem de engenharia* utilizando as Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC).

1.2. OBJETIVOS

O primeiro objetivo do presente trabalho consiste em verificar e avaliar os meios de apoio à aprendizagem aos quais os alunos têm acesso. Logo será feito um levantamento de alguns dos meios disponíveis e uma pequena avaliação aos olhos do aluno. Dada a natureza complexa dessa tarefa, neste caso será feito um levantamento apenas por um aluno, o autor deste trabalho. Consideramos sobretudo mais importante a inclusão de um aluno neste processo, embora se tenha consciência de que se trata de uma amostra mínima.

No caso de serem encontrados meios de apoio existentes satisfatórios será feita uma compilação dos melhores dividida entre os temas críticos, caso isso não aconteça serão desenvolvidos meios de apoio, personalizados para os alunos da geração atual.

Caso ocorra a segunda situação, o segundo grande objetivo deste trabalho é o desenvolvimento de meios de apoio ao ensino/aprendizagem sobre cargas lineares e não lineares, o conceito de harmónico e a distinção entre o conceito de terra e de massa.

Posteriormente será feita uma validação através de um inquérito antes de fornecidos os suportes desenvolvidos ou meios existentes e outro inquérito depois. De seguida será avaliada a qualidade/eficiência dos referidos materiais de apoio com base nos resultados dos inquéritos realizados.

Os objetivos incluem ainda a publicação de todas as conclusões retiradas deste trabalho.

1.3. CALENDARIZAÇÃO

Sendo a realização desta dissertação um processo que engloba diversas etapas, a sua prossecução conduziu à calendarização apresentada na tabela 1. Esta inclui um conjunto de tarefas, como por exemplo: pesquisa inicial, desenvolvimento da componente teórica dos diferentes temas a abordar, elaboração dos meios de apoio, desenvolvimento e aplicação dos inquéritos, análise estatística de resultados e por fim entrega e defesa da presente dissertação.

Tabela 1 : Calendarização do projeto.

ID	Nome das etapas	fev/16	mar/16	abr/16	mai/16	jun/16	jul/16	ago/16	set/16	out/16	nov/16
1	Pesquisa inicial										
2	Contextualização										
3	Estado da Arte										
4	Conceitos criticos										
5	Desenvolvimento meios										
6	Desenvolvimento inquerito										
7	1 Sessao de inqueritos										
8	2 Sessao de inqueritos										
9	3 Sessao de inqueritos										
10	Analise de resultados										
17	Elaboração da dissertação final										
18	Envio da dissertação										
19	Defesa										

1.4. ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

Feito o enquadramento do trabalho no segundo capítulo de seguida é apresentado sucintamente o Processo de Bolonha assim como toda uma análise dos vários pontos a favor e contra do mesmo no que diz respeito à aprendizagem em engenharia. Debater-se-á ainda a problemática professor-aluno, ou seja, serão apresentados os diferentes pontos de vista e opiniões relativamente ao processo de ensino.

No quarto capítulo serão apresentados alguns trabalhos de diferentes autores que tem vindo a desenvolver esforços relativamente ao processo de ensino e aprendizagem.

No capítulo número 5 terá inicio a apresentação da metodologia utilizada para desenvolver o projeto e atingir os objetivos definidos no início, ou seja, serão descritos os vários momentos da realização do trabalho.

No capítulo seguinte será feita uma abordagem um pouco mais profunda a diferentes conceitos importantes associados ao ensino de eletrónica que facilitarão a posterior realização de meios áudio-visuais de apoio ao ensino dos mesmos.

No capítulo 7 será apresentada uma classificação feita a meios já existentes disponíveis na *internet* e que muitas vezes são consultados pelos alunos na tentativa de encontrar respostas para as suas dúvidas.

Todo o processo de elaboração dos referidos meios de apoio será descrito no oitavo capítulo. No seguinte capítulo será ainda apresentada a metodologia de validação dos meios desenvolvidos bem como a análise estatística dos resultados obtidos com a mesma.

Por fim serão apresentadas as conclusões obtidas com a validação da eficácia dos meios desenvolvidos.

2. ENQUADRAMENTO

Atualmente uma educação de nível superior tem grande valor na sociedade moderna e é considerada a chave para o sucesso no futuro, embora se tenha vindo a constatar algumas dificuldades no processo de ensino/aprendizagem a este nível. Este facto tem origem no aumento do número de pessoas que procuram alcançar este nível de educação, o que tem trazido novos desafios não só para a economias dos países mas também ao nível das metodologias de ensino/aprendizagem utilizadas [1].

Outros fatores que devem ser tidos em conta nesta equação são o estado dos conhecimentos adquiridos pelos alunos em diferentes etapas, a diminuição do tempo presencial nas aulas e também os diferentes perfis dos alunos.

A educação em engenharia é um processo complexo que tem por objetivo fazer com os alunos evoluam desde um *estado inicial* a nível das suas competências e conhecimentos para um *estado final* utilizando uma determinada *estratégia* para o conseguir. Essa situação pede ser ilustrada conforme se apresenta na figura 1.

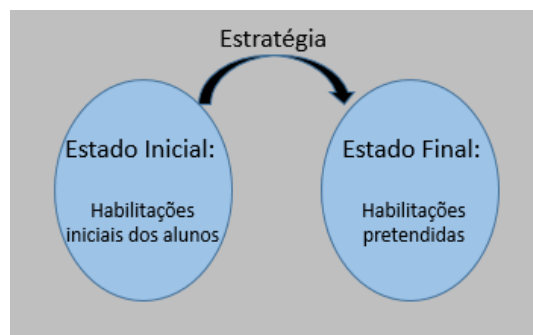


Figura 1 : Representação simples do estado inicial e final dos alunos no ensino superior.

Relativamente ao estado inicial podemos afirmar que quando os alunos entram no ensino superior os conhecimentos adquiridos anteriormente nas suas formações são frequentemente distintos uma vez que há alunos que frequentaram cursos profissionais, outros frequentaram cursos mais gerais e ainda existe o caso daqueles que já tem alguma experiência profissional na área, o que se traduz em turmas muito heterogéneas e, portanto, constituída por alunos com necessidades de aprendizagem muito diversas.

O estado final (i.e., o pretendido) é uma outra variável desta avaliação do estado dos alunos, ou seja, os conhecimentos que devem ser adquiridos pelos alunos até ao final do curso. Esta é sem dúvida uma variável dinâmica que depende dos avanços em cada área.

Torna-se então necessária a adoção de estratégias de ligação destes dois estados que devem ser igualmente dinâmicas. Este processo não deve ser visto como estático mas sim como um processo dinâmico uma vez que todas as variáveis o são também. Este é o grande desafio dos professores: conseguir definir estratégias que liguem o estado inicial dos alunos e que é diferente de aluno para aluno, com o estado final que está constantemente a ser alterado devido não só à evolução das tecnologias mas também a novas descobertas científicas [2,3,4,5]. A estratégia que iremos utilizar será apoiada nas TIC por nos parecer que se trata da mais adequada para a geração atual de alunos [6].

O perfil dos alunos é também uma variável dinâmica no tempo que deve ser tida em conta. Esta acompanha os avanços tecnológicos, ou seja, deve ser analisado no tempo e não de uma forma estática. Os alunos, atualmente, são bastante mais orientados para as TIC, preferem suportes de informação digital e tem competências orientadas para a imagem [7].

Um outro fator do perfil atual dos alunos é o tempo de concentração que é agora mais reduzido quando comparado com a gerações anteriores, daí ser possível concluir que as estratégias de ensino utilizadas devem ser continuamente adaptadas a estas características dos alunos e devem tentar acompanhar os avanços tecnológicos.

Outra dificuldade com que o ensino superior se tem deparado são as competências decorrentes do ensino pré-superior, tais como a falta de organização dos alunos tanto nas áreas da matemática como nas línguas, o que se reflete no pouco rigor de expressão oral e escrita dos mesmos. Os alunos tendem a ter uma maior preocupação com a obtenção de resultados ficando pouco focados na compreensão dos conceitos. Tal faz com que o aluno se preocupe muito com os resultados das avaliações e menos com o que se pretende que ele tenha apreendido. Tem-se assim um estudo orientado aos resultados e menos ao conhecimento. Assim os resultados das avaliações tendem a deixar de refletir um conhecimento, situação comprometedora na fase pós-licenciatura. Tal situação pode configurar, no limite, uma quebra de confiança.

Em particular no caso do ensino/aprendizagem de matérias de eletricidade e eletrónica foram identificadas lacunas ao nível do conhecimento de conceitos de cargas lineares e cargas não-lineares, conteúdo harmónico de uma forma de onda e distinção entre terra e massa. Estes conceitos são essenciais tanto para o conhecimento de matérias avançadas como para a atividade profissional futura.

O Processo de Bolonha levou as instituições de ensino superior a fazer uma reorganização e otimização dos recursos disponíveis o que levou a uma diminuição do tempo presencial nos vários cursos. Uma das medidas deste novo regime foi o encurtamento do período das licenciaturas de cinco para três anos o que se refletiu numa tendência para os conceitos serem agora abordados de uma forma mais rápida e mais focalizada numa única vertente, uma vez que o tempo letivo presencial de cada UC foi inevitavelmente diminuído. Um exemplo desta especialização é o caso do Departamento de Engenharia Eletrotécnica (DEE) do ISEP, que fez a divisão do curso em duas áreas: Sistemas Elétricos de Energia e Eletrónica e Computadores. Esta divisão levou a uma especialização muito grande dos alunos o que, num futuro próximo, lhes pode trazer algumas dificuldades na análise de problemas multidisciplinares [1]. É assim essencial desenvolver uma forma de colmatar estas lacunas de conhecimento identificadas.

Do exposto anteriormente torna-se evidente que não se pode fazer uso de uma maior quantidade de horas de contacto professor-aluno dado que, conforme se disse, a tendência é exatamente a inversa. Uma possibilidade que se nos afigura interessante é a da utilização mais eficiente do tempo atualmente disponível, tanto ao nível das horas efetivas de contacto como de aprendizagem autónoma e adaptado à nova geração de alunos. Os meios que devem ser considerados devem também ser mais apelativos de modo a captar a sua atenção mas exigindo tempos de concentração relativamente reduzidos.

Este trabalho tem por fim fazer um levantamento dos meios mais procurados pelos alunos que, genericamente, são os disponíveis na *internet* e portanto em formato digital. Na nossa metodologia procurar-se-á fazer um levantamento dos meios existentes. De acordo com o resultado da respetiva análise serão eventualmente desenvolvidos novos meios. Em qualquer um dos casos, os meios selecionados serão alvo de uma avaliação, por parte da população alvo, realizada através de questionários.

3. PROCESSO DE ENSINO E APRENDIZAGEM

3.1. PROCESSO DE BOLONHA

O Processo de Bolonha iniciou-se informalmente em Maio de 1998 com a Declaração de Sorbone tendo sido tornada formal com a Declaração de Bolonha em Junho de 1999 [8]. Esta inclui todo o conjunto de etapas e passos que os diferentes sistemas de ensino superior devem dar com o objetivo de construir este ambicionado espaço europeu de ensino superior globalmente harmonizado. A 19 de Maio de 2005 deu-se o impulso decisivo à criação deste sistema Europeu com o objetivo de entrar em vigor em 5 anos, ou seja, em 2010. Neste processo intervieram 45 países signatários. O objetivo primeiro deste processo é tornar possível a qualquer estudante de qualquer estabelecimento de ensino superior continuar ou até mesmo iniciar os seus estudos obtendo um diploma europeu reconhecido em todas as universidades de qualquer Estado-membro [8]. Para que tal seja possível as diversas instituições devem optar por um modo de funcionamento integrado com graus académicos homogéneos e reconhecidos. Desta forma, esta harmonização das estruturas do

ensino superior conduzirá, a um espaço comum europeu de ciência e de ensino superior, com capacidade de atração à escala europeia e intercontinental [9].

Para além do principal objetivo descrito anteriormente este processo tem diversos outros objetivos ambiciosos os quais pretende atingir a médio prazo, nomeadamente o aumento da competitividade do sistema europeu de ensino e a promoção da mobilidade e empregabilidade dos recém-diplomados. Para conseguir atingir estes objetivos é estritamente necessária a adoção de um sistema de graus académicos de fácil comparação e promoção da mobilidade intra e extra comunitária tantos dos estudantes como dos docentes e investigadores [10]. Decorrente deste compromisso político assumido em Bolonha, em maio de 2001, os Ministros da Educação Europeus, reconheceram a importância e a extrema necessidade de diversas linhas de ação para a evolução do processo, nomeadamente a promoção da aprendizagem ao longo da vida e da atratividade do Espaço Europeu do Ensino Superior e ainda promover um maior envolvimento dos estudantes na gestão das instituições de Ensino Superior.

Dois anos depois, em Setembro de 2003, reunidos em Berlim, os Ministros da Educação de 33 países Europeus reafirmaram os objetivos já mencionados e adicionaram dois novos, são eles a necessidade de promover vínculos mais estreitos entre o Espaço Europeu do Ensino Superior (EHEA) e o Espaço Europeu de Investigação (ERA) por forma a fortalecer a capacidade de investigação da Europa e também alargar o atual sistema de dois ciclos integrando um terceiro ciclo no PB constituído pelo doutoramento.

Em Maio de 2005, em Bergen, os Ministros dos já 45 países participantes do Processo de Bolonha, voltam a afirmar a importância dos objetivos de Berlim referentes à promoção de vínculos mais estreitos entre o Espaço Europeu do Ensino Superior e o Espaço Europeu de Investigação e ao doutoramento [11].

Atingidos estes objetivos, a Europa poderá afirmar-se competitivamente com outros parceiros a nível mundial e assim emergir uma Europa do ensino superior que estará em posição de falar a uma só voz enquanto espaço integrado competitivo de educação e ciência

3.2. ANÁLISE NO ÂMBITO DA ENGENHARIA ELETROTÉCNICA

Foram várias as alterações trazidas pelo Processo de Bolonha e com elas surgiram algumas necessidades de reavaliação dos métodos de ensino. Uma das grandes e mais discutidas alterações que surgiram com este processo de reestruturação foi a diminuição do número de anos das licenciaturas e mestrados.

Com a reforma de Bolonha uma licenciatura que antes tinha 5 anos passa agora a ter uma duração de apenas 3 anos, com a exceção da área da saúde, o que levanta as seguintes questões:

Será possível conseguir adquirir os mesmos conhecimentos num menor número de anos? Os novos licenciados tem menos competências que os licenciados pré-Bolonha? Existem matérias que deixaram de ser lecionadas?

Na verdade existem diferentes opiniões quanto às respostas para estas perguntas. São muitos os que defendem a ideia de que é impossível formar licenciados em 3 anos com igual qualidade face ao anterior sistema [12, 13]. Este ponto de vista não nos parece o mais adequado, na realidade da Engenharia Eletrotécnica o que acontece é uma reestruturação das diversas áreas do conhecimento, ora dividindo-se em novas áreas ora eliminando algumas disciplinas para dar lugar a outras com melhor enquadramento.

Outra ideia que também merece destaque nesta análise e que reporta para um efeito concreto do Processo de Bolonha é a obrigação da reavaliação do exercício da docência, do ensinar e criar condições para que seja possível a aprendizagem [14].

No âmbito da legislação que orientou a Reforma Universitária em Portugal, passou a ser veiculada a necessidade de superar a tradição da docência apoiada no ensino para dar lugar a atividades centradas nos estudantes e orientadas pelo paradigma da aprendizagem [15].

Analisemos o caso específico da Eletrónica, uma unidade curricular que, embora transversal a várias áreas da engenharia, é dominada em profundidade por poucos alunos. Este facto deve-se em parte à diferente abordagem que esta unidade curricular tem nas diferentes áreas da Eletrotecnia. Apesar de ser a mesma unidade curricular, de acordo com os docentes responsáveis por ela, o modo como é lecionada nos dois cursos (Energia e

Eletrónica) é distinta, tendo em Energia uma abordagem mais superficial. No entanto será esta a opção correta ou deveria esta abordagem ser analisada com algum cuidado pelos responsáveis e eventualmente optar por outra metodologia, uma vez que esta diferença tem trazido algumas desvantagens e limitações, refletindo-se num nível relativamente baixo de competências em áreas tradicionais e importantes como é o caso da Eletrónica para qualquer Engenheiro Eletrotécnico independentemente da sua área específica de formação.

A opinião enquanto estudante de Mestrado em Engenharia Eletrotécnica – SEE é que de alguma forma o método de ensino de algumas UCs tem de ser revisto, pois, na perspetiva defendida, há conceitos de grande importância e que, uma vez licenciados, o mercado de trabalho parte do princípio que estão adquiridos para a resolução de problemas multidisciplinares reais e na realidade, de facto existe uma ideia sobre eles mas poucas certezas.

Nesta dissertação teve-se por base a Eletrónica mas poder-se-ia falar de outras matérias/disciplinas como por exemplo Maquinas Eléctricas, Sistemas Digitais ou até mesmo outras áreas de formação, uma vez que este não é um problema existente apenas na Engenharia Eletrotécnica mas em muitas outras áreas de formação.

Este é um tema muito importante pois preocupa não só professores, como os próprios alunos e também empregadores, daí ser necessário algum trabalho para tentar adaptar os métodos de ensino às necessidades nos jovens da sociedade moderna.

Na verdade e analisando o contexto atual dos alunos, seria bastante mais fácil a aprendizagem de matérias específicas da eletricidade se dispuséssemos de meios de apoio com movimento ou até mesmo interativos para melhor percebermos e visualizarmos alguns conceitos, uma vez que a geração atual de alunos é muito mais direcionada para a imagem e não para meios tradicionais como livros.

Sabe-se que, nos dias que correm, o acesso à informação está muito facilitada pela tecnologia, por vezes à distância de duas ou três teclas de um computador ou telemóvel, o que não acontecia há alguns anos. Num passado não muito distante os alunos apenas disponham de livros, jornais e artigos para tentar encontrar mais informação que pudesse esclarece-los, no entanto a geração atual quase que se recusa a ler livros. Mas qual será a justificação para tal?

O que é facto é que, com a entrada em vigor do Processo de Bolonha, o tempo disponível para o processo de aprendizagem foi reduzido, pelo que precisamos de soluções práticas e rápidas, requisitos que os livros não conseguem acompanhar. Nos dias que correm quando os alunos tem uma dúvida ou curiosidade querem rapidamente encontrar respostas, seja com um simples *ctrl-F* ou mesmo pesquisando num motor de busca duas ou três palavras.

No entanto é necessário ter em atenção que nem toda a informação disponível na Internet é fidedigna ou clara, pelo que deve existir algum espírito crítico no momento da pesquisa. O que seria desejável era a existência de uma base de dados com informação clara, simples e verdadeira onde os alunos, no caso da Engenharia, pudessem facilmente aceder para esclarecer todas as suas dúvidas.

Feitas estas considerações importa referir a necessidade de considerar seriamente o futuro da educação dos engenheiros tendo em conta o espaço da União Europeia pois está em causa a qualidade da Engenharia a nível nacional.

O grande objetivo deste trabalho é tentar diminuir essa lacuna através da utilização de meios de apoio à fácil compreensão de conceitos básicos como são os de *carga linear e não linear, harmónicos* e a diferença entre o conceito de *terra e massa*.

3.3. DIFERENTES VISÕES

Neste ponto será discutida a necessidade de um maior ou menor investimento do corpo docente em estratégias de ensino condizentes com as expectativas, necessidades e interesses dos alunos, nomeadamente no que diz respeito à aprendizagem ativa.

De acordo com [16], a prática correta de ensino de um professor do ensino superior deve estar assente sobre três pontos principais, são eles o conteúdo da área na qual é especialista, a sua visão de educação e as habilidades e conhecimentos que lhe permitem uma efetiva ação pedagógica na sala de aula.

No entanto o que se verifica é a existência de uma lacuna significativa no desempenho do docente uma vez que o professor se caracteriza como especialista no seu campo de conhecimento e não domina a área educacional e pedagógica, o que, tal como foi referido anteriormente deve ser reavaliado.

3.4. RELAÇÃO PROFESSOR-ALUNO

Com a entrada em vigor do Processo de Bolonha é de opinião geral dos alunos que alguns docentes alteraram as suas posturas nas aulas, nomeadamente colocando no aluno uma maior responsabilidade do processo de aprendizagem.

Pois bem, de acordo com [17] “*o ensino consiste na resposta planejada às exigências naturais do processo de aprendizagem*” daí que torna-se muito importante que o professor acompanhe a aprendizagem do aluno, ou seja, o ensino é visto como resultante de uma relação pessoal entre o professor e o aluno [18], logo nunca deve ser colocada toda a responsabilidade apenas numa das partes.

Para os alunos o caminho para um bom ensino é o entusiasmo pessoal do professor que deve ter por base um bom planeamento e metodologia adequada de maneira a conseguir o entusiasmo do aluno também. É esta interação professor-aluno que deverá encaminhar todo o processo educativo.

Como qualquer outra relação, esta é também composta por dois extremos – professor e aluno – e cabe a estes determinar o clima da mesma, no entanto importa dizer que cada elemento tem o seu papel na sala de aula, tendo o professor de tomar a maior parte das iniciativas, orientando o relacionamento.

No entanto, a postura e interesses do aluno são de grande importância para um bom relacionamento e somente conhecendo os interesses e necessidades destes é que os professores podem criar situações de ensino que atendam às características de aprendizagem dos estudantes.

Se pensarmos nos jovens desta geração rapidamente se conclui que têm uma grande aptidão para as novas tecnologias e facilmente esclarecem dúvidas com apenas alguns *cliques* no teclado de um computador o que pode ajudar e facilitar bastante o processo de aprendizagem e também a tarefa do professor.

Desta forma seria de todo uma mais-valia dispor de alguns meios de apoio a esta relação, facilitando não só as tarefas de ambas as partes mas também aproveitando o tempo do processo de ensino mais eficaz e eficiente.

Ao contrário do que alguns professores consideram, os alunos valorizam muito esta relação e as técnicas e métodos de ensino por eles utilizados que tornam a aprendizagem mais significativa.

De forma a melhorar a qualidade desta relação têm vindo a ser desenvolvidos por vários docentes e discentes, diferentes meios mais simples e menos antiquados de apoio ao ensino e aprendizagem de várias matérias não só no âmbito da Engenharia mas noutras áreas também.

Neste caso interessa apenas enfatizar a Engenharia Eletrotécnica, pois é sobre ela que consiste o presente trabalho e é sobre o desenvolvimento de meios de apoio desta área que assenta o principal objetivo desta sensibilização inicial para a importância de adaptar o processo de ensino ao contexto atual dos estudantes.

3.5. CENTRALIZAÇÃO DO PROCESSO DE ENSINO

Tradicionalmente, o sistema de educação colocava nos professores a responsabilidade da aprendizagem dos alunos. Seriam os professores aqueles que possuíam os conhecimentos e o seu papel seria o de motivar os alunos. Quanto aos alunos, a estes caberia então adquirir os conhecimentos e mudar as suas atitudes e comportamento das formas especificadas pelo professor [19].

O sistema educacional tradicional tem como finalidade primária a transferência do conhecimento do professor para o aluno [19]. Desta forma pode-se retirar daqui que o processo de aprendizagem seria centralizado no professor [19]. No entanto este sistema tradicional retira toda e qualquer responsabilidade, no processo de aprendizagem, do aluno.

No entanto é nossa opinião de que se passou de um sistema de ensino/aprendizagem centrado no professor para um sistema centrado no aluno. Parece-nos mais adequado um sistema que faça uso equilibrado do professor e do aluno. Talvez o ideal seja a migração para um modelo de um meio-termo, cabendo por um lado ao docente fazer uso da sensibilidade e do bom gosto para que haja flexibilidade e, por outro lado, oportunidade para o aluno se tornar mais responsável e consciente da sua aprendizagem [20].

O modelo que será utilizado no presente trabalho consistirá no desenvolvimento de meios educacionais cujo conteúdo técnico-científico envolva o professor e cuja forma de

exposição envolva o aluno. Desta forma o processo de ensino/aprendizagem deixa de ser centralizado em apenas uma das partes mas sim na relação entre professor e aluno, trabalhando em equipa.

Justifica-se assim a forma como este trabalho foi desenvolvido desde o início. Com efeito o desafio que foi feito consistiu em perceber que realmente existem alguns conceitos com os quais os alunos se têm debatido e aliar aos conhecimentos e experiência do professor a visão do aluno para assim ser possível o desenvolvimento de ferramentas de apoio ao processo de ensino/aprendizagem.

3.6. EXPERIÊNCIA PESSOAL

Em 2010 começa a minha¹ jornada na Licenciatura em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Eléctricos de Energia no ISEP, vinda de um curso geral de Ciências e Tecnologias da Escola Secundária Almeida Garrett que poucas bases me tinha dado para esta área da engenharia.

Logo no primeiro ano deparamo-nos com alguns trabalhos práticos que deveriam ser razoavelmente simples mas pessoalmente se revelaram bastante complexos. Nunca tivera contacto com uma simples resistência, não sabia o que significava um paralelo ou mesmo uma série de resistências muito menos sabia como as colocar na *board* e fazer medições.

Com turmas constituídas por demasiados alunos e apenas um professor para satisfazer as necessidades de todos tornava-se difícil de obter a atenção que realmente precisava para começar a perceber alguns conceitos básicos. Como consequência deste facto nunca nenhum professor me conseguiu ensinar, da forma que eu necessitava, a fazer tarefas simples como utilizar o multímetro. Numa tentativa de acompanhar as aulas tentei fazer um estudo autónomo, através da *Internet* e ainda com a preciosa ajuda de colegas do curso

¹ Num texto formal não deve ser utilizada a forma verbal da primeira pessoa. No entanto como esta secção se trata de uma experiência pessoal, decidiu-se por aceitável fazer aqui uma exceção a essa regra a bem da clareza do texto.

que já estariam a frequentar a disciplina pela segunda vez ou que vinham já de algum curso mais técnico onde aprenderam todos os conceitos mais básicos.

Para além desta grande dificuldade inicial que tive houve outros fatores que fizeram com que o primeiro ano não corresse tao bem como seria desejado. O primeiro foi a praxe, que apesar de cedo ter deixado de comparecer, foi um dos motivos para a desconcentração de muitos alunos e também para a falta de assiduidade e pontualidade nas aulas, o que não só influenciava os alunos que frequentavam a praxe mas também todos os outros.

Outro motivo, em parte motivado pela praxe mas não só, era o comportamento e atitude dos colegas nas aulas. Estes criavam um ambiente dentro da sala de aula completamente inadequado à aprendizagem o que não só influenciava negativamente quem o criava mas todos os outros presentes. Naturalmente que toda esta atitude dos alunos tinha reflexos negativos na própria atitude dos professores para com a turma, tornando toda a relação professor-aluno muito desequilibrada.

Decidi que não poderia continuar a ser prejudicada por outros alunos pois não estava a aproveitar como deveria o curso. Assim e através de um colega, que me desafiou a mudar completamente os meus hábitos pedi transferência para uma turma noturna no segundo semestre na minha terceira matrícula no ISEP. Esta foi uma das melhores decisões que tomei até hoje.

Já aluna noturna deparo-me com toda uma nova realidade que desconhecia, desde aulas muito mais calmas e produtivas, pessoas mais maduras e com muito mais conhecimento, por serem trabalhadores-estudantes e estarem já a trabalhar dentro da área, professores com outra atitude muito mais preocupada.

Nesta nova realidade todos os alunos tinham o mesmo objetivo, o de aprender e terminar o curso, era para isso que ali estavam e como tal queriam tirar o melhor partido possível de todos os recursos disponíveis inclusive dos professores. Nada ficava por explicar e, apesar de não ser uma aluna muito participativa, aprendia muito com as questões dos meus colegas. Cresci enquanto pessoa e adquiri muitos conhecimentos. Devo dizer que não voltei a reprovar em nenhuma unidade curricular até hoje.

No que ao professor diz respeito, este também tinha uma atitude bastante diferente com os alunos noturnos, acredito que um professor se sinta ele próprio mais motivado a ensinar quando verifica que realmente o seu esforço e trabalho estão a conseguir com que um objetivo seja alcançado. Isto, infelizmente, não acontece nos primeiros anos diurnos. À noite o professor acaba até por ter abertura para um maior contacto com os alunos o que é muito importante na relação professor-aluno ajudando assim a que o processo de ensino seja mais eficaz.

No que diz respeito às dificuldades que ultrapassei ao longo do meu percurso académico, foram bastantes e sempre tentei procurar respostas e explicações suficientemente simples e rápidas para mim, que não tinha qualquer conhecimento sobre eletrónica ou eletricidade e mais uma vez barreiras se levantavam. Apenas através de pequenas explicações de outros colegas que conseguiam *falar a minha língua* consegui perceber alguns conceitos. Talvez por este facto esteja agora a tentar, através do presente trabalho, procurar algumas respostas e algumas soluções para outros alunos que estejam ou venham a tentar ultrapassar as mesmas barreiras.

Estas barreiras por vezes tiveram de ser contornadas de diversas formas que, não sendo o caminho certo, foi e será o escolhido por muitos alunos que não conseguem ver completamente clarificadas as suas dúvidas.

Existem inúmeros alunos que enfrentam ou enfrentaram as mesmas dificuldades aqui descritas por terem também poucas bases. Essas lacunas têm sido difíceis de combater uma vez que o tempo com os professores é cada vez mais reduzido e ainda pelo facto das turmas terem muitos alunos e apenas um professor na sala de aula, o que leva a que o professor não possa despender o tempo necessário para cada aluno.

Desta forma é necessário haver bons suportes ao ensino e aprendizagem autónoma do aluno, para que o tempo com o professor seja depois melhor aproveitado. Com base na experiência descrita e na análise feita anteriormente, estes meios de apoio devem ser direcionados para a nova geração de alunos, ou seja, devem usar linguagem simples e clara, devem ser meios de curta duração devido ao agora mais reduzido tempo de concentração dos alunos e devem fazer uso da imagem de forma a se tornarem mais eficazes.

4. TRABALHOS ANTERIORMENTE DESENVOLVIDOS

“In order to follow, understand and act in the actual word, Engineering Education must be a dynamic adaptive process.” Manuel Carlos Felgueiras

Ao longo das décadas várias vezes e erradamente foi dito *“Isto vai revolucionar a educação”*. Em 1922, Thomas Edison declarou *“The motion picture is destined to revolutionize our educational system and that in a few years, it will supplant largely, if not entirely, the use of textbooks”* [21]. No entanto nos anos 30 foi a vez do rádio. E ideia era a de que seria possível colocar especialistas diretamente nas salas de aula através do rádio, melhorando a qualidade da educação e por um menor custo [6].

Nos anos 50 e 60 surge a televisão educacional. Já nos anos 80, os computadores eram a solução revolucionária de todos os problemas educacionais, uma vez que eram audiovisuais, interativos e podiam ser programados para fazer quase qualquer coisa.

Investigadores pensaram que se poderia ensinar os alunos a programar o que melhoraria a sua capacidade de raciocínio, o que acabou por não acontecer [6].

Nos anos 90, não estando satisfeitos com os fracassos passados a Dr. Penelope Semrau e a Dr. Barbara Boyer declararam : “*The use of videodiscs in classroom instruction is increasing every year and promises to revolutionize what will happen in the classroom of tomorrow*” [22]. Na verdade mais uma vez tal não aconteceu.

Hoje em dia existem diversas tecnologias que se diz que vão revolucionar a educação tais como os quadros interativos, *smartphones*, *tablets* e *Massive Open Online Course* (MOOC). Alguns acreditam que nos aproximamos de uma máquina universal de ensinar, um computador tão poderoso que seria como dispor de um tutor pessoal numa máquina [6]. Nesta visão, o aluno teria aulas bem estruturadas ao seu próprio ritmo, receberia recompensas imediatas e personalizadas através dessa máquina sem a necessidade da existência de um professor [6].

Nos últimos 100 anos houve realmente uma revolução em muitas áreas mas não na educação, de uma forma geral os estudantes são ainda ensinados em grupo por um único professor o que não é de todo uma revolução [6].

As metodologias utilizadas no processo de ensino, em todas as áreas de conhecimento, têm vindo a ser discutidas por vários intervenientes. No entanto poucos são os que realmente tentam acompanhar a evolução dos tempos adaptando as estratégias de ensino às necessidades da sociedade atual. Ainda assim, alguns professores têm mostrado a sua preocupação através de algumas publicações de pesquisas e experiências tentando sensibilizar para a problemática do processo de ensino, nomeadamente na área da Engenharia Eletrotécnica.

Em 2014 alguns docentes do ISEP em parceria com o Instituto Federal de Santa Catarina no Brasil juntam-se para fazer uma publicação sobre algumas perceções relacionadas com a falta de alguns conceitos da eletrónica em alunos de engenharia. No artigo *High order*

experimental skill' gap identification – the need to reshape electronic teaching, publicado na *Tecnología, Aprendizaje y Enseñanza de la Electrónica* (TAEE), os autores tentam chamar a atenção para este delicado tema do ensino em engenharia [1]. No referido artigo é apresentado o caso da diferente forma de ensino da eletrónica no curso de Eletrónica e no curso de SEE.

Esta disciplina é lecionada no primeiro curso com alguma profundidade ao passo que no segundo é apenas apresentada de uma forma superficial. Os autores defendem que apesar desta estratégia de especialização apenas numa área ter algumas vantagens tem também desvantagens muito significativas para os alunos, futuros engenheiros no que diz respeito à capacidade de fazer a ligação entre as duas áreas. Na tentativa de comprovar a lacuna de conhecimentos multidisciplinares dos alunos em relação ao conceito de cargas não-lineares foi descrita uma metodologia de avaliação, de forma a poder tirar algumas conclusões quando à capacidade que os alunos têm ou não de interpretar o conceito de diferentes cargas em contextos reais.

Esta experiência consistiu na recolha de dados através de uma discussão do tema com alunos do curso de Sistemas Eléctricos de Energia do ISEP no final do seu primeiro ano da licenciatura em 2013. Com base no equipamento presente no laboratório o professor discutiu com os alunos algumas perguntas para testar a hipótese de que os alunos estão apenas direcionados para a sua área não tendo capacidade para resolver problemas multidisciplinares.

As perguntas e respostas obtidas foram as seguintes:

(P: Professor; A: Aluno)

P: Quando se aplica uma tensão sinusoidal de 230 V a uma lâmpada incandescente, que tipo de forma de onda de corrente devemos obter?

A: Uma forma de onda sinusoidal e sem desfasamento!

P: E se usarmos uma lâmpada de elevada eficiência?

A: Obteremos certamente uma forma de onda de corrente sinusoidal mas não sei qual o desfasamento...

P: E se usarmos um motor trifásico com variação de velocidade baseada na variação de frequência?

A: ... uma forma de onda sinusoidal com desfasamento positivo!

P: ...e no caso deste PC algo antigo...

A: ...também uma senoide mas não sei qual o desfasamento...

Analisadas as respostas dos alunos foi concluído que apenas a primeira estaria correta o que significa 25% de respostas corretas, o que indica que de facto existe uma lacuna por trás desta dificuldade em resolver problemas reais. Coloca-se a questão de que se este seria um problema temporário ou se os alunos não teriam realmente mais oportunidade ao longo do curso de colmatar esta lacuna.

Na análise retrospectiva do problema, os autores defendem que os alunos do curso de Sistemas Elétricos de Energia compreendem muito bem como as cargas lineares funcionam mas mostram alguma dificuldade em identificar outros tipos de cargas e seus efeitos na rede elétrica nomeadamente no que diz respeito ao conceito de harmónico.

Já no caso dos alunos do curso de Eletrónica este percebem muito bem como funcionam todos os tipos de cargas mas revelam falta de conhecimento e interesse nas implicações das cargas na rede elétrica de energia.

Ou seja, para os alunos de Eletrónica apenas seria importante perceber as funções das cargas na medida em que convertem AC em DC já para os alunos de Energia o importante é compreender os impactos destas cargas na rede elétrica.

Como forma de conclusão deste artigo os autores referem que o ensino de engenharia é um processo dinâmico e adaptativo que tem enfrentado alguns desafios. Por um lado os cursos de engenharia tem diminuído a sua duração por outro lado, para realmente perceber alguns fenómenos reais é necessário ter conhecimentos de varias áreas mas para isso os cursos de engenharia deviam ser menos específicos e mais abrangentes, o que se tem revelado tarefa dificultada pelo primeiro motivo.

Neste artigo é proposto, como trabalho futuro, o desenvolvimento de uma metodologia de apoio à resolução destas dificuldades baseada na elaboração de um conjunto de objetos de ensino utilizando as TIC ou experiências remotas.

Em 2016, é publicado o artigo *Learning Objects for Demanding Themes in Electronics Teaching* de autores do Departamento de Eletrônica do Instituto Federal de Santa Catarina que em conjunto com os docentes do departamento de investigação *CIETI-LABORIS* do ISEP fizeram uma experiência de aplicação de objetos de aprendizagem para o ensino de Eletrônica especialmente focados em conceitos com que os alunos tem mostrado algumas dificuldades de compreensão [23].

Os temas escolhidos para esta experiência foram as ligações do osciloscópio e ainda a relação entre cargas não-lineares e a distorção harmônica. Foram usados alguns meios de apoio ao ensino e depois os alunos tiveram de responder a algumas perguntas sobre eles.

A experiência começa por um primeiro conjunto de perguntas para analisar o anterior conhecimento adquirido dos alunos, de seguida os alunos usaram os objetos de ensino escolhidos e depois voltaram a responder às perguntas sobre os temas críticos escolhidos.

Este trabalho de investigação incluiu 20 alunos do curso de Eletrônica no Instituto Federal de Santa Catarina no Brasil. Estes alunos estavam a frequentar o seu último semestre e foi considerado que teriam a maturidade e responsabilidade adequadas para realizar esta experiência com eles.

Depois de identificado pelo professor os assuntos problemáticos, este teve de fazer uma pesquisa de meios de apoio existentes que pudessem ser uteis para o ajudar no processo de ensino. De seguida o professor elaborou um conjunto de perguntas sobre os temas escolhidos para testar o conhecimento dos alunos que lhes serão feitas antes e depois da utilização dos meios escolhidos.

O questionário consistiu num conjunto de 7 perguntas de resposta aberta sobre a relação entre cargas não-lineares e a distorção harmônica e ainda uma pergunta aplicada a 6 diferentes configurações de ligação de um osciloscópio. Os objetos de aprendizagem utilizados foram um pequeno vídeo disponível no YouTube com aproximadamente 2 minutos e 36 segundos e ainda um simulador disponível em [24].

Analisados os dados retirados da aplicação desta metodologia alguns pontos muito interessantes foram destacados. Desta análise pôde-se observar que o número de respostas corretas aumentou de 24 para 39 e as respostas erradas diminuíram de 30 para 12 e ainda

houve um aumento de respostas parcialmente corretas de 9 para 12 o que indica que os alunos melhoraram consideravelmente a compreensão que tinham sobre a matéria dos harmónicos, no entanto ainda existem alguns erros.

No que diz respeito à resposta à pergunta sobre as ligações do osciloscópio os resultados não foram tão positivos uma vez que as respostas corretas diminuíram de 20 para 19 e as incorretas aumentaram de 4 para 6, no entanto as respostas parcialmente corretas diminuíram de 5 para nenhuma o que pode significar um aumento na confiança em relação à matéria.

Para além desta análise, o professor realizou um segundo questionário onde os alunos puderam mostrar a sua opinião quanto a eficácia da utilização de objetos de aprendizagem. O questionário consistiu num conjunto de 7 perguntas de escolha múltipla sobre a utilização destes meios de apoio ao ensino no geral e ainda mais 2 perguntas sobre a utilização de meios de apoio para cada um dos temas em específico.

Da análise feita às respostas foi concluído que os meios de apoio ao ensino ajudaram os alunos a compreender os temas em estudo e que as questões se tornaram mais simples depois de utilizar os objetos de ensino. Concluiu-se também que os alunos gostam deste tipo de metodologia de ensino e que consideram que estes meios de apoio devem ser utilizados em conjunto com os métodos tradicionais de ensino seguindo a sequência: exposição introdutória, exercícios, laboratório e simulações.

Todos os estudantes já tinham tido contacto com outros meios de apoio ao ensino no passado e recomendam este tipo de método de ensino para outros alunos também. Foi também concluído que os alunos veem os meios audiovisuais sejam eles de curta duração ou de longa duração e usam ferramentas de simulação.

Através dos resultados obtidos com esta experiência os autores puderam concluir que a utilização de objetos de apoio ao ensino são realmente eficazes na área da Eletrónica. Considerou-se relevante o desenvolvimento de um repositório deste tipo de meios de apoio das diversas matérias e resultados da sua utilização tanto para as instituições portuguesas como para as brasileiras.

Os resultados desta experiência mostraram também que os conhecimentos dos alunos podem ser melhorados utilizando este tipo de metodologias. No entanto a escolha dos assuntos problemáticos para os alunos é uma tarefa difícil porque alguns dos meios de apoio disponíveis não têm em conta as verdadeiras dificuldades dos estudantes nesse assunto.

Outro problema detetado com esta experiência foi o facto de não existirem muitos objetos de ensino na área da Eletrónica ao contrário, por exemplo, da área da Matemática e da Física para as quais existem vários objetos de ensino desenvolvidos.

Os autores deste artigo concluem que deve ser feito um esforço na elaboração de novos objetos de ensino para diversos temas sobre Eletrónica e áreas relacionadas.

Para além destes artigos têm vindo a ser desenvolvidos vários outros trabalhos por alunos do ISEP em parceria com o Núcleo de Investigação em Sistemas de Teste LABORIS, o qual faz parte do Centro de Inovação em Engenharia e Tecnologia Industrial (CIETI), no sentido de desenvolver meios de apoio ao ensino de diversos conceitos. O LABORIS 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 [25].

Alguns exemplos dos trabalhos desenvolvidos são os seguintes:

- O trabalho *Estudo e Análise de FPAA (Field-Programmable Analog Array)* da autoria da aluna Mónica Mateus que desenvolveu um conjunto de vídeos

explicativos sobre Field-Programmable Analog Array (FPAA) tendo como foco o aluno;

- O trabalho *Desenvolvimento de Meios para o Apoio/Ensino de Aprendizagem de Influência das Cargas Não Lineares na Rede* da aluna Catarina Barros cujos meios de apoio desenvolvidos incidiram sobre o tema das cargas, Séries de Fourier e Qualidade da Energia;
- O trabalho *Introdução aos Dispositivos Programmable System-on-Chip (PSoC)*, do aluno Tiago César que está também a desenvolver um conjunto de slides sobre Programmable System-on-Chip (PSoC) com o objetivo de ajudar os alunos a melhor compreenderem essa matéria;
- O trabalho do aluno Dinis Areias que em 2015 apresentou um inovador laboratório remoto de suporte ao ensino de FPAAs;
- O trabalho do aluno Miguel Macedo que no mesmo ano apresenta o seu projeto de laboratório remoto de apoio ao ensino de PSoC;
- O trabalho *Desenvolvimento de Meios Experimentais de Apoio à Aprendizagem-Medidor/Analisador de Energia* do aluno João Cunha que consistiu no desenvolvimento de *kit* de medição e análise de energia para utilização em laboratório de forma a apoiar o ensino de SEE na Eletrónica, aproximando assim as duas áreas;
- O trabalho das alunas Juliana Veríssimo e Cláudia Ribeiro que estão a desenvolver uma plataforma de ensino de teoria de controlo.

Para além deste tipo de trabalhos o LABORIS tem em mãos o Projeto VISIR +. Este projeto destina-se à ampla área de engenharia eletrotécnica e, dentro dela, à teoria e à prática de circuitos elétricos e eletrónicos. Destina-se a definir, desenvolver e avaliar um conjunto de módulos educacionais, compostos por experiências virtuais e remotas, e estas últimas suportadas por um laboratório remoto chamado Virtual Instruments Systems In Reality (VISIR).

O projeto europeu VISIR +, atualmente em curso, reúne a eficiência do melhor laboratório remoto para experiências e a longa história de colaboração entre os parceiros do consórcio da Argentina, Áustria, Brasil, Espanha, Portugal e Suécia [26].

O projeto europeu PILAR, recentemente aprovado, consiste em reunir as várias plataformas VISIR numa federação de modo a procurar otimizar os recursos atualmente existentes.

5. METODOLOGIA DE TRABALHO

Depois de detetado o problema e as suas eventuais causas é necessário tentar solucioná-lo da melhor forma, para tal começou-se por delinear a metodologia de trabalho.

Para este trabalho é importante ter por base a perspetiva do aluno enquanto sujeito ativo no processo de aprendizagem que, neste caso, é representado pelo autor do presente relatório. Este é um papel fundamental neste trabalho uma vez que os professores, apesar das suas fortes tentativas dificilmente conseguem colocar-se no lugar de um aluno a 100%, daí a necessidade incontornável da existência do aluno neste processo.

A metodologia de trabalho tem início com a identificação de alguns *conceitos críticos* para os alunos através da técnica conhecida como *ex post facto*, dado que o professor toma o efeito e estuda os dados retrospectivamente com o objetivo de estabelecer as causas, associações e explicações [23]. Os conceitos eleitos como críticos são essencialmente os de três grupos: (i) *carga linear e não-linear*, (ii) *terra, massa* e (iii) *harmónicos*. Estes, apesar

de serem conceitos considerados tradicionalmente como básicos da eletrônica têm-se revelado pouco dominados pelos estudantes.

O passo seguinte consistiu na identificação da percepção dos meios de ensino existentes através de uma análise aos mesmos, feita pelo aluno. Decorrente dessa análise foram identificadas algumas figuras de mérito valorizadas pelos alunos tais como a *clareza* e a *exatidão* da apresentação dos conceitos.

De forma a tentar colmatar as lacunas e combater as dificuldades referidas anteriormente, serão desenvolvidos meios de apoio ao ensino que consistirão em elementos audiovisuais explicativos dos conceitos críticos para os alunos, que tivessem por base as suas figuras de mérito, tentando assim criar meios mais adequados aos alunos.

Depois de desenvolvidos os meios de apoio será necessário fazer a sua validação com vista a conseguir provar a utilidade e qualidade/eficiência das referidas ferramentas de apoio. Esta validação será feita recorrendo a uma técnica conhecida com *pre- and post-survey*, que não é mais do que a aplicação de um questionário simples antes e outro depois de fornecidos os meios de apoio desenvolvidos, a uma amostra da comunidade estudantil, neste caso, do curso de Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Elétricos de Energia [27].

Por fim serão analisados os resultados obtidos com a tentativa de validação referida para então se concluir se esta poderá ser uma proposta de solução válida ou não.

6. CONCEITOS CRÍTICOS

Durante o processo de ensino/aprendizagem são transmitidos ao aluno um conjunto de conceitos. De uma maneira mais ou menos uniforme, alguns conceitos não são adequadamente aprendidos pelos alunos. Esta situação é perfeitamente aceitável na vida académica mas foi detetado por um docente um conjunto de conceitos que recorrentemente são mal percebidos pelos alunos. Existem muitos conceitos nesta situação mas alguns são realmente importantes por serem fundamentais para a compreensão das matérias seguintes. Estabeleceu-se uma estratégia para fazer face a essa situação. Começamos por uma avaliação dos meios que abordam estas matérias com vista à definição aceitável dos conceitos em causa. Assim, este capítulo faz primeiramente um estudo de alguns conceitos para depois se estabelecer um conjunto de definições que sejam aceitáveis. São três os conceitos estudados.

O primeiro refere-se ao conceito de carga ao nível daquele que é o seu comportamento, ou seja, se esta apresenta um comportamento linear ou não-linear de uma forma básica sem entrar em caso específicos. De forma a melhor compreender este conceito começar-se-á

pela definição do conceito de componente elétrico uma vez que este está na base de uma qualquer carga elétrica.

O segundo diz respeito ao conceito de distorção harmónica por se tratar de uma noção tão importante na área da energia devido às eventuais consequências causadas na rede elétrica na sua presença. Nesta fase será feita a explicação matemática e a explicação mais técnica daquilo que se considera como aceitável ser o conteúdo harmónico.

Finalmente o terceiro tema abordado neste capítulo será a distinção entre o conceito de terra e o conceito de massa e dos mecanismos subjacentes e função.

Cada um destes temas serão abordados nas secções seguintes.

6.1. CARGAS ELÉTRICAS

Entende-se por carga elétrica um componente ou conjunto de componentes ligados a uma instalação elétrica. Torna-se assim necessário caracterizar o conceito de *componente elétrico* e depois o de carga, assuntos que serão tratados nas secções seguintes.

6.1.1. COMPONENTE ELÉTRICO

Considera-se componente elétrico aquele que é consumidor de potência como é o caso das resistências, díodos, tirístores, entre outros. Existem três elementos que estão sempre associados aos componentes elétricos, e que são a corrente que atravessa o componente propriamente dito, a diferença de potencial que existe aos seus terminais e a potência por si consumida.

A forma de caracterizar um componente pode assumir diversas formas. Essas formas podem corresponder a expressões matemáticas ou gráficas. Esta última assume especial importância por ser visualmente mais fácil de entender. A esta representação gráfica chamamos *característica do componente* e corresponde ao espaço geométrico que relaciona diretamente a corrente resultante com a tensão aplicada. Esta é uma noção muito básica mas ainda assim muito importante, pois através da característica do componente é possível a percepção muito evidente da respetiva linearidade. Os componentes podem ainda ser agrupados em *componentes lineares* e *componentes não-lineares*. Cada um destes será seguidamente abordado.

COMPONENTES LINEARES

Uma possível definição inicial de componente linear poderia ser a de que será aquele cuja característica tem um comportamento linear [28], ou seja, a relação entre a corrente que o atravessa e a tensão aos seus terminais que é representada graficamente por uma reta. Tal como podemos verificar no gráfico representado na figura 2, para cada valor de tensão corresponde sempre um valor de corrente que origina uma evolução retilínea.

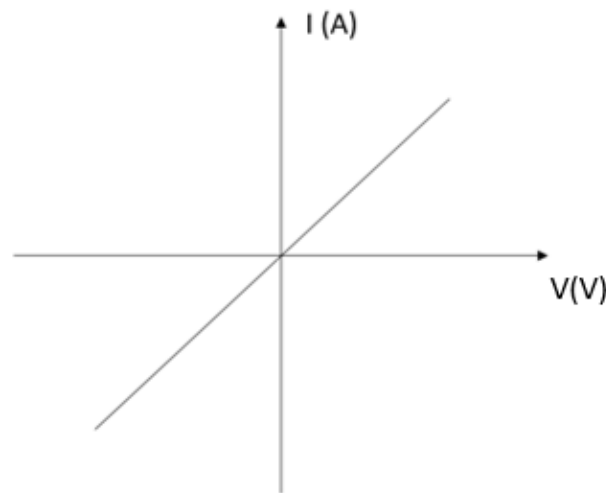


Figura 2 : Característica de um componente linear.

O componente mais básico e de fácil compreensão é a resistência pois tem sempre a mesma característica em qualquer condição, isto é, quer lhe seja aplicada uma corrente alternada ou contínua ou diferentes frequências este apresenta sempre uma característica linear. Se lhe for aplicada uma tensão sinusoidal a corrente resultante será sempre igualmente sinusoidal.

Dois outros exemplos de componentes lineares são as bobinas e os condensadores. Estes não são tão evidentes de comportamento linear devido ao desfasamento introduzido entre a corrente e a tensão. Com efeito nas bobinas quando sujeitas a uma tensão sinusoidal a corrente resultante aparece desfasada em atraso em relação a tensão, como se pode verificar analisando a figura 3, no entanto estas são consideradas um componente linear quando englobadas num sistema com frequência constante.

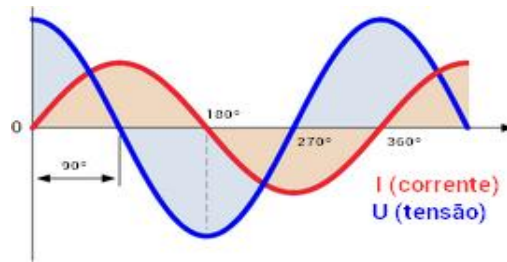


Figura 3 : Corrente resultante de uma bobine.

A relação de linearidade de uma bobine pode ser verificada ao analisar a sua reactância que é calculada através da fórmula (1):

$$Xl = 2\pi fL \quad (1)$$

Se tivermos em conta a situação específica de um sistema com a frequência da rede e se a bobina for sempre a mesma a sua reactância mantém-se, logo a sua característica comportar-se-á de forma linear, ou seja, se o desfasamento não for considerado obtém-se um comportamento idêntico ao de uma resistência logo as duas formas de onda apareceriam sobrepostas. Se fosse traçada a característica dessa bobine através dos valores de tensão e respetivos valores de corrente obter-se-ia uma evolução retilínea logo uma característica linear tal como representado na figura 2.

No caso dos condensadores, estes também são considerados componentes lineares uma vez que, à semelhança das bobines a reactância do condensador, calculada pela formula 2, quando a uma frequência constante, apresentam uma característica linear. A corrente resultante neste componente apresenta-se desfasada em avanço em relação à tensão aplicada, como apresentado na figura 4. No entanto se esse desfasamento não for considerado, tal como nas bobines, verificar-se-ia que as formas de onda das tensão aplicada e da corrente resultante ficariam sobrepostas, logo traçando a característica do componente tendo por base os valores da ondas quando sobrepostas obter-se-ia uma característica linear como na figura 2.

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C} , \quad (2)$$

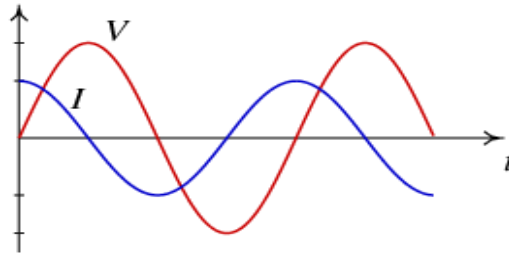


Figura 4 : Corrente resultante de um condensador.

COMPONENTES NÃO LINEARES

Uma vez compreendido o conceito de componente linear torna-se fácil de concluir que um componente não linear é aquele cuja característica tem um comportamento não linear [28], isto é, a relação entre a tensão aplicada e a corrente resultante não tem um comportamento linear, como é exemplo a característica apresentada na figura 5.

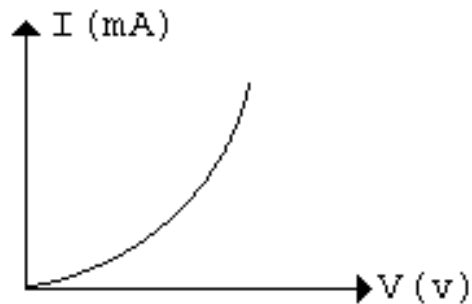


Figura 5 : Característica de um componente não linear.

Um bom exemplo de componente não linear é o do díodo não controlado. Este componente elétrico apenas conduz se a tensão entre o cátodo e o ânodo for maior que um determinado valor, normalmente 0,7V, acima desse valor conduz sempre. A característica do díodo é apresentada na figura 6.

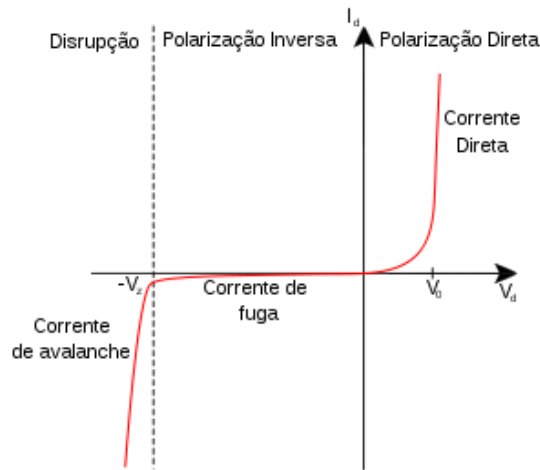


Figura 6 : Característica de um diodo.

Com a análise desta tem-se a clara percepção da não linearidade deste componente. Tal como podemos ver na figura 6 o diodo não apresenta uma reta como característica mas sim três estados de polarização claramente distintos. Repare-se que é muito mais fácil de perceber a característica deste componente do que uma descrição feita matematicamente através de uma fórmula.

Resumindo, a caracterização da linearidade ou não-linearidade de um componente ou conjunto de componentes pode ser feita quanto:

- à sua constituição,
- ao seu comportamento perante uma senoide,
- à sua característica.

Quanto á constituição, podemos genericamente afirmar que será linear se for constituída apenas por componentes lineares. No caso contrário, i.e., se incluir pelo menos um componente não-linear será frequentemente não-linear. Note-se no entanto que existem exceções. Com efeito existem circuitos eletrónicos que correspondem a uma associação de componentes lineares e não-lineares e que, não obstante, têm comportamento linear.

Quanto ao comportamento perante uma senoide, podemos genericamente afirmar que será linear se perante uma tensão sinusoidal se obtiver uma corrente sinusoidal, independentemente do desfaseamento obtido. No entanto apresenta como limitação, o facto

de se necessitar de uma tensão sinusoidal suficientemente perfeita. Esta situação praticamente só é disponível em ambiente laboratorial ou de simulação, porquanto as tensões na rede apresentarem à partida um elevado grau de distorção. Assim aquando da obtenção de uma corrente não sinusoidal fica-se sem saber se se trata de uma distorção provocada pela carga ou se decorre da utilização de uma forma de onda de tensão já inicialmente distorcida.

Quanto à característica, podemos afirmar que será linear se a evolução for retilínea e não-linear no caso contrário. No entanto também esta definição requer alguns cuidados de utilização porquanto será necessário de nos abstrairmos do desfasamento introduzido.

Assim, podemos utilizar qualquer das definições anteriores desde que ressalvados os respetivos estados de exceção. Note-se no entanto que este tipo de abordagem é frequentemente feita de modo ligeiro, traduzindo-se não raramente em conceitos pouco claros ou mesmo confusos para o aluno.

6.1.2. CARGAS

Consideramos carga elétrica um componente ou conjunto de componentes interligados entre si com a finalidade de ser ligada à rede elétrica. Cada vez são menos frequentes as cargas constituídas por apenas um único componente. Tem-se que uma carga elétrica tem a si associada uma corrente, uma tensão e uma potência consumida. Genericamente qualquer carga elétrica pode ser caracterizada, quanto à sua linearidade, pelos critérios apresentados anteriormente.

CARGAS LINEARES

De acordo com um dos critérios anteriormente propostos, consideremos cargas lineares aquelas que são constituídas única e exclusivamente por componentes lineares, i.e., resistências, bobines e condensadores. Considere-se os circuitos representados nas figuras 7 e 8.

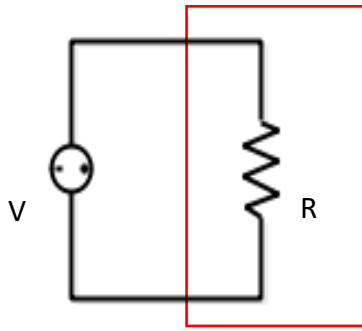


Figura 7 : Primeiro exemplo de uma carga linear.

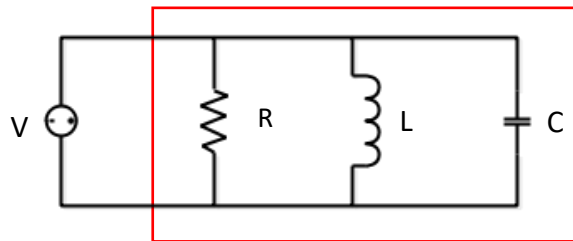


Figura 8 : Segundo exemplo de uma carga linear.

A carga do primeiro circuito é composta apenas por um elemento, uma resistência, que uma vez que este é um componente com uma característica linear permite concluir que a carga deste circuito é uma carga linear. Se for aplicada uma tensão sinusoidal a esta primeira carga a corrente resultante será sinusoidal como se pode verificar na figura 9.

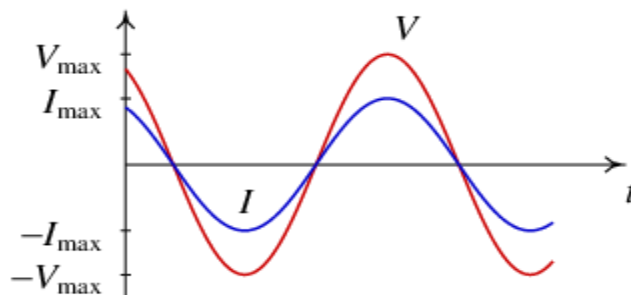


Figura 9 : Corrente resultante de uma carga linear.

A carga do segundo circuito é composta por três componentes elétricos, todos componentes lineares logo esta é também uma carga com uma característica linear. Se for aplicada uma tensão sinusoidal a esta segunda carga a corrente resultante será também sinusoidal.

CARGAS NÃO-LINEARES

Uma vez que nem só de componentes lineares são constituídos os sistemas, existem também cargas não lineares que são aquelas que na sua composição tem pelo menos um componente não linear. De uma forma muito simples podemos concluir que se uma carga for composta por pelo menos um componente elétrico cuja característica tem um comportamento não linear então trata-se de uma carga igualmente não linear.

Relembremos um dos trabalhos conhecidos por todos os alunos de eletrônica e que consta da retificação de onda completa com ponte de Graetz. Este é um bom exemplo de uma carga não linear uma vez que, tal como vemos na figura 10, temos vários tipos de componentes que compreendem os díodos retificadores, ou seja, componentes não lineares como vimos anteriormente e componentes com comportamento linear, o condensador e resistências.

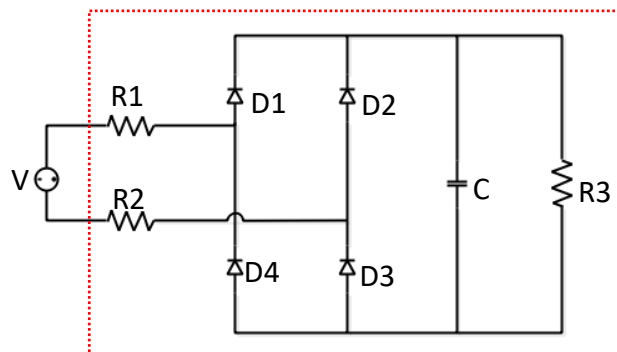


Figura 10 : Exemplo de uma carga não linear.

Uma vez que temos os dois tipos de componentes podemos aferir, em princípio, que se trata de uma carga não-linear devido à presença dos díodos como componente não linear da carga.

Com efeito, neste caso quando aplicada uma tensão sinusoidal à carga não resultará uma corrente sinusoidal como nas cargas lineares, neste caso a corrente resultante será impulsional como é apresentado na figura 11.

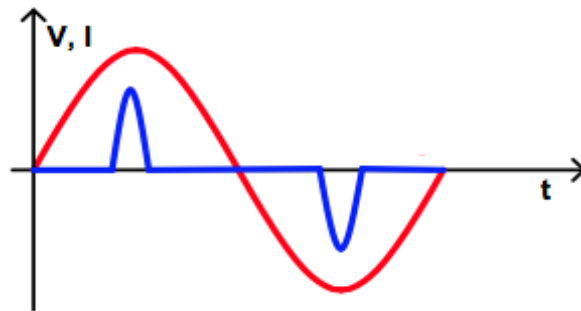


Figura 11 : Corrente impulsional.

Este exemplo é especialmente importante pois uma grande parte das cargas tende a ter este comportamento, situação que acarreta consequências muito negativas para a rede onde são ligadas.

De um modo geral tem-se verificado que os conceitos de cargas lineares e cargas não-lineares apesar de aparentemente bastante simples e até mesmo intuitivos, são conceitos pouco claros para os alunos que frequentam ou frequentaram a unidade curricular de Eletrónica.

IMPACTO DAS CARGAS NÃO-LINEARES NUM SEE

Nos dias que correm são cada vez mais utilizadas cargas não lineares tais como computadores, circuitos de iluminação, refrigeradores, entre outros, o que se tem traduzido num aumento dos níveis das correntes harmónicas nos sistemas eléctricos, estas correntes contribuem fortemente para uma degradação da Qualidade da Energia Elétrica (QEE).

Um fator importante que deve ser referido neste âmbito é a preocupação que vem crescendo quanto ao uso racional da energia. Para tentar resolver este problema tem-se optado pela substituição de algumas cargas lineares (alto consumo) por outras não-lineares (baixo consumo). Um caso muito conhecido é a substituição das lâmpadas incandescentes

por lâmpadas fluorescentes compactas. No entanto, a resolução do problema do consumo trouxe outro que é o da distorção da forma de onda de tensão em consequência da não-linearidade das cargas. Refira-se que as vantagens são sobejamente conhecidas ao passo que as desvantagens são frequentemente não referidas.

A proliferação das cargas não-lineares que se tem observado nas residências contribuem para uma distorção harmónica. Contudo a soma das distorções geradas por todos os consumidores de um determinado alimentador pode ser tal que faça com que a forma de onda de tensão nessa vizinhança fique fora dos limites legais estabelecidos para o efeito [29].

Como resultado deste aumento dos níveis de harmónicos nos sistemas eléctricos tem-se uma degradação da qualidade da energia que pode ter repercussões para as concessionárias, consumidores próximos da fonte geradora de harmónicos e mesmo para o próprio estabelecimento gerador.

Sabe-se que, muitas das vezes, os próprios consumidores são os grandes prejudicados, devido à maior sensibilidade das suas cargas [30]. Neste sentido, não havendo meios específicos de controlo, qualquer sistema com grande quantidade de cargas não-lineares está assim vulnerável a eventuais problemas refletidos na qualidade da energia. Daqui pode-se evidenciar o mau funcionamento de equipamentos, distorção na forma de onda da tensão ou corrente, baixo fator de potência, aquecimentos dos condutores, entre outros.

6.2. HARMÓNICOS

De forma a melhor compreender esta degradação provocada pelos níveis de harmónicos é essencial entender o conceito de distorção harmónica. Assim, e de uma forma muito simples, entende-se por distorção harmónica o afastamento do ideal de uma onda sinusoidal.

Nesta secção, e de forma a conseguirmos mitigar os níveis de emissão das correntes harmónicas geradas originadas por cargas não-lineares, começar-se-á por uma explicação matemática deste conceito e seguidamente uma explicação visual da mesma.

6.2.1. FUNÇÕES

Um dos conceitos mais importantes da matemática e indispensável para melhor interpretar os harmônicos é o conceito de função. Uma função diz-se uma relação entre conjuntos de elementos. Existem funções lineares, trigonométricas, polinomiais, entre outras. Estas funções são caracterizadas pela sua forma, frequência, amplitude, fase, período, etc.

Existem funções unicamente pares, ímpares ou com componente par e ímpar em simultâneo. Em seguida serão esclarecidos os diferentes tipos de funções.

FUNÇÃO PAR

Consideremos a função real $f(x)$ de variável real e com domínio $Df(x)=R$. Esta função será par se e só se

$$f(x)=f(-x), x \in Df \quad (3)$$

De uma forma simples, esta igualdade mostra que para qualquer valor de x e seu simétrico as suas imagens serão iguais [31]. Uma forma simples de identificar uma função par é graficamente analisando se existe simetria em relação ao eixo das ordenadas.

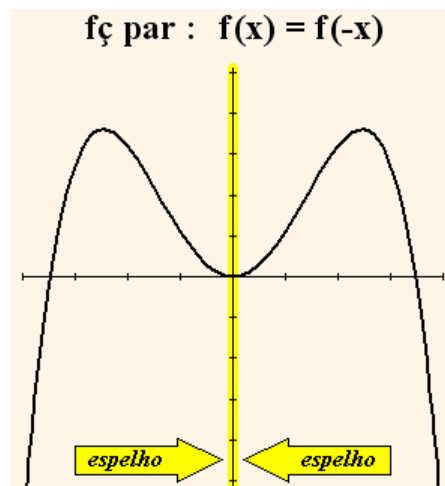


Figura 12 : Função Par [32].

FUNÇÃO ÍMPAR

A função f diz-se ímpar se e só se

$$f(-x) = -f(x), x \in Df \quad (4)$$

Desta igualdade pode-se concluir que as imagens para qualquer valor de x e seu simétrico são simétricas [31]. Graficamente, tal como as funções pares, é facilmente identificável uma função ímpar, pois existe uma simetria em relação ao eixo das ordenadas e das abcissas como está representado na figura 13.

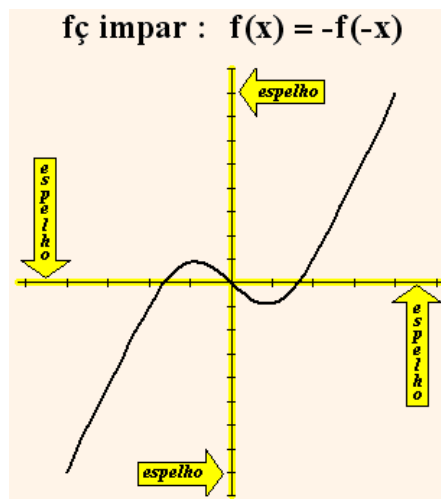


Figura 13 : Função Ímpar [32].

FUNÇÕES SEM PARIDADE

Existem algumas funções que não se enquadram em nenhuma das anteriores, estas são compostas por somas de funções pares e ímpares. Consequência disso, essas funções terão uma componente par, f_p e uma componente ímpar, f_i , de forma que

$$f(x) = f_p + f_i, \quad (5)$$

que pode ser representado da seguinte forma:

$$fp = \frac{f(x)+f(-x)}{2} \quad (6)$$

$$fi = \frac{f(x)-f(-x)}{2} \quad (7)$$

FUNÇÕES PERIÓDICAS

Existem ainda funções periódicas, estas são facilmente identificáveis pois assumem valores iguais em intervalos iguais, ou seja, para cada intervalo espaçado por um determinado período ter-se-á valores repetidos para a função. Considera-se uma função periódica se e só se

$$Df \subset \mathbb{R}, f(t)=f(t+T) \text{ para todo } t, t+T \in Df \quad (8)$$

Para que a expressão anterior se confirme o período fundamental pode ser descrito para um $T > 0$ sendo o menor valor possível de T como representado na figura 14.

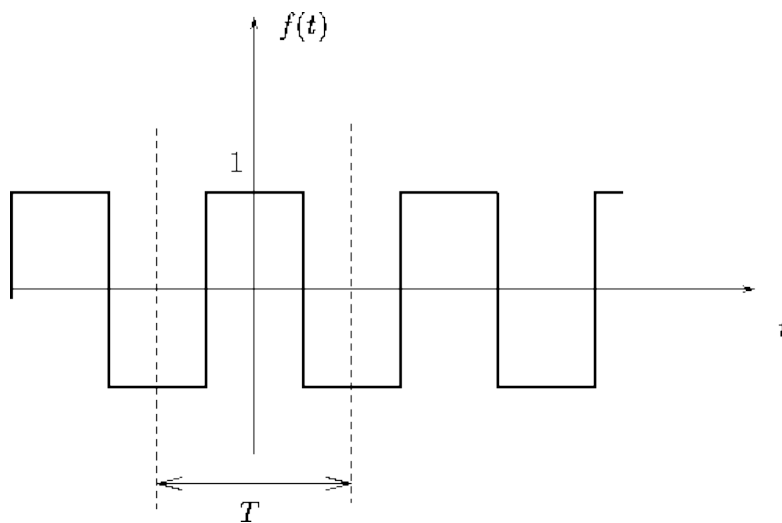


Figura 14 : Função Periódica.

CARACTERIZAÇÃO DE FUNÇÕES

As funções podem ser definidas através de uma serie de parâmetros, tais como, domínio, contradomínio, amplitude, frequência e fase. Logo, deve-se ter sempre em conta estes parâmetros independentemente do tipo de função. Para que seja possível medir o grau de

idealidade de uma função é importante ter uma referência conhecida por ideal. No entanto sabe-se que na realidade estas situações ideais não existem mas são estimadas, o que permite fazer uma comparação do que realmente existe, tendo assim uma ideia da maior ou menor aproximação da referência.

Deve-se ainda ter em conta que todas as variáveis que devem ser analisadas para caracterizar uma função têm erros associados, logo quantas mais variáveis um determinado problema tiver maior probabilidade existe para possíveis erros. Assim sendo toda a função matemática irá ter um erro associado para os seus parâmetros.

Por este motivo, deve-se utilizar um modo de avaliação do nível de proximidade de uma função com a idealidade, que atualmente é feita através do *Total Harmonic Distortion* (THD) do sinal. Este valor é conhecido como sendo a distorção harmónica total de um determinado sinal alternado. Este é um método simples uma vez que traduz a deformação da onda de tensão ou de corrente através de uma só grandeza. A seguir é apresentada a fórmula geral do THD [33]:

$$THD = \frac{\sqrt{V_2^2 + V_3^2 + V_4^2 + \dots}}{V_1}, \text{ Vn é o valor eficaz do harmónico de ordem n.} \quad (9)$$

Uma vez que as ondas sinusoidais são as que apresentam menos conteúdo harmónico, quando comparadas com as ondas quadradas e dente-de-serra, e as que são mais facilmente geradas são as utilizadas de rede eléctrica de energia.

Antes de passarmos para a visualização de harmónicos existe ainda um outro conceito matemático que devemos perceber com alguma clareza, o conceito de *Serie de Fourier*.

SERIES DE FOURIER

Serie de Fourier é uma ferramenta matemática que só pode ser aplicada a funções que cumpram as condições de suficiência de Dirichlet, que são:

- $f(t)$ tem de ser contínua em todo o seu período T ;
- $f(t)$ tem um número finito de extremos no seu período T ;
- $f(t)$ é absolutamente integrável, isto é, $\int_a^{a+T} |f(t)| dt < \infty$, no seu período T .

Jean-Baptiste Joseph Fourier defendia ser possível a representação de qualquer onda periódica através da soma de funções trigonométricas com frequência múltipla da frequência fundamental do sinal, w_0 , uma vez que, as funções seno e cosseno são as funções periódicas mais simples [34].

Por um lado uma função periódica repete-se no final de um determinado período tal que, $f(t)=f(t+T)=f(t+2T)=\dots$ o que significa uma frequência múltipla: $f(w_0), f(2w_0), \dots$

Por outro lado, a soma de funções periódicas com paridade resultam numa nova função com a mesma frequência fundamental e paridade. Uma vez que qualquer função pode ser decomposta em duas funções, uma par e outra impar, então é possível obter uma soma de funções cosseno para representar a componente par e uma soma de funções seno para representar a componente impar. Desta forma pode-se representar qualquer tipo de onda (sinusoide, quadrada, triangular, etc) através de uma soma de sinusoides pela seguinte fórmula [35]:

$$f(t, n) = a_0 + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos(w_0 nt) + \sum_{n=1}^{\infty} b_n \sin(w_0 nt) \quad (10)$$

Onde os coeficientes de Fourier são definidos da seguinte forma:

$$a_0 = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(t) dt \quad (11)$$

$$a_n = \frac{2}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(t) \cos(w_0 nt) dt, n = 1, 2, 3, \dots \quad (12)$$

$$b_n = \frac{2}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(t) \sin(w_0 nt) dt, n = 1, 2, 3, \dots \quad (13)$$

Note-se que nestas expressões o a_0 é o valor médio da função, também designado por componente contínua do sinal e o a_n e b_n são os coeficientes par e impar, respetivamente.

Através das condições de suficiência pode-se facilmente deduzir os coeficiente de Fourier, uma vez que para ser possível fazer a aproximação $f(t)$ tem que ser integrável em todo o seu domínio T . Pode-se então concluir que a serie resultante da aproximação dessa função tem de ser integrável também. Dai ter-se integrado a formula da serie de Fourier.

$$\int_{-\pi}^{\pi} f(t) dt = \int_{-\pi}^{\pi} \left[\frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos(w_0 nt)) + b_n \sin(w_0 nt) \right] dt \quad (14)$$

Sabe-se que

$$\int_{-\pi}^{\pi} \cos(w_0 nt) dt = 0 \quad (15)$$

Este cálculo é visível graficamente através da figura 15 que assinala a área da função correspondente ao integral e, uma vez que elas são simétricas, anulam-se.

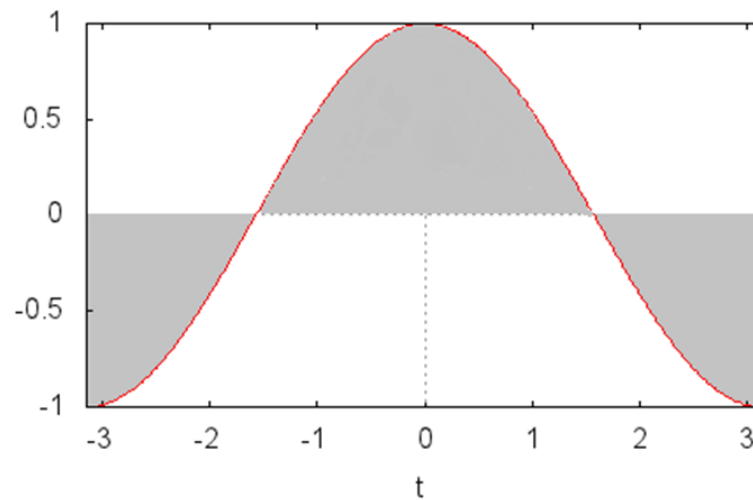


Figura 15 : Área Sinusoide Perfeita (cos).

O mesmo se aplica para a expressão

$$\int_{-\pi}^{\pi} \sin(w_0 nt) dt = 0 \quad (16)$$

conforme o que está representado na figura 16.

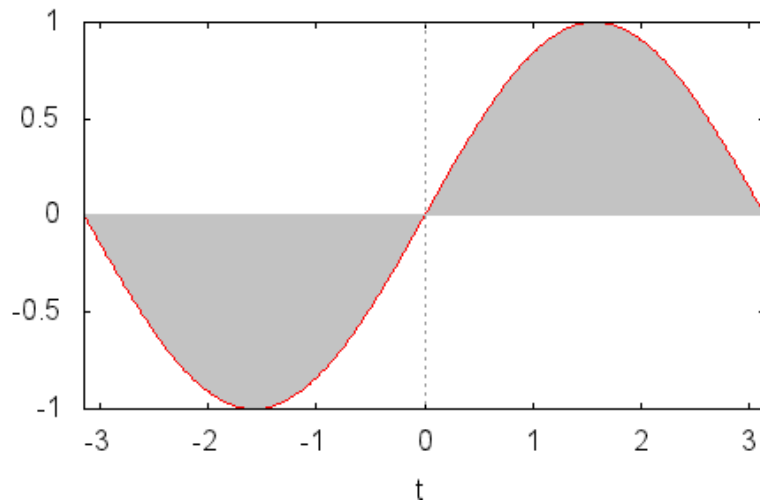


Figura 16 : Área Sinusoide Perfeita (sin).

Desta forma pode-se assumir que:

$$\int_{-\pi}^{\pi} f(t) dt = \int_{-\pi}^{\pi} \frac{a_0}{2} dt = a_0 \pi \quad (17)$$

Logo trata-se da equação simplificada e, uma vez resolvida em ordem a a_0 resulta na fórmula genérica do valor medio dos coeficientes de Fourier.

De forma a obter os restantes coeficientes procedeu-se da seguinte forma:

- Para a_n multiplicou-se a formula genérica da serie de Fourier por $\cos(mx)$, $m \in N$, que resultou na seguinte expressão:

$$\begin{aligned} & \int_{-\pi}^{\pi} f(t) \cos(mx) dt \\ &= \int_{-\pi}^{\pi} \frac{a_0}{2} \cos(mx) dt \\ &+ \sum_{n=1}^{\infty} a_n \int_{-\pi}^{\pi} \cos(w_0 nt) \cos(mx) \\ &+ \sum_{n=1}^{\infty} b_n \int_{-\pi}^{\pi} \sin(w_0 nt) \cos(mx) dt \end{aligned} \quad (18)$$

Uma vez que os integrais

$$\int_{-\pi}^{\pi} \cos(mx) dt, \int_{-\pi}^{\pi} \sin(nt) \cos(mx) dt, \int_{-\pi}^{\pi} \cos(nt) \cos(mx) dt, \forall m, n \in N \text{ e } \forall m \neq n \quad (19)$$

são nulos então todos os termos da série se anulam, exceto o termo de ordem m para qual se tem:

$$\int_{-\pi}^{\pi} \cos(mt) \cos(mx) dt = \pi \quad (20)$$

Daqui tem-se a equação $\int_{-\pi}^{\pi} f(t) \cos(mx) dt = a_m \pi$, que sendo resolvida em ordem a a_m , resulta na fórmula:

$$a_n = \frac{2}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(t) \cos(w_0 t) dt, n = 1, 2, 3, \dots \quad (21)$$

O mesmo se verifica na fórmula do cálculo b_n , multiplicando ambos os membros da equação da série de Fourier por $\sin(mt)$ [35].

Um harmónico pode ser definido, genericamente, por:

$$h(t) = A_n * \cos(w_0 t_n + \phi_n) \quad (22)$$

e caracterizado por uma amplitude A_n , frequência w_n e cada um tem uma ordem n diferente. Importa perceber que um harmónico é dos sinais mais simples mas mais comuns por ser fácil de gerar. De uma forma genérica, a série de Fourier de um sinal $f(t)$ mais complexo é o somatório desses harmónicos desde $n=1$ até $n=\infty$ podendo incluir ou não a componente contínua do sinal, o que se reflete a aproximação da função $f(t)$ pela soma de muitas outras sinusoides, úteis por exemplo na análise de circuitos eléctricos, de sinal, análise harmónica, etc.

Um bom exercício que todos os alunos de Eletrónica realizaram e que ajuda muito na compreensão do conceito de harmónico e de Série de Fourier é a Retificação de Onda Completa que será de seguida lembrado e certamente ficará mais claro o que são os harmónicos.

6.2.2. RETIFICAÇÃO DE ONDA COMPLETA

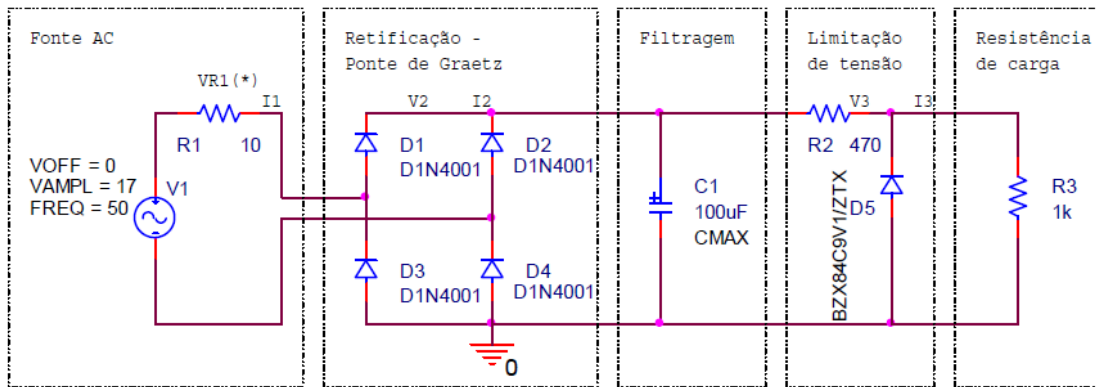


Figura 17 : Retificação de Onda Completa.

Analisando o esquema apresentado em cima podemos verificar que na primeira parte a fonte de alimentação de corrente alternada, inclui uma resistência $R_1 = 10 \Omega$ cujo baixo valor não tem implicações funcionais no circuito (i.e. tudo se passa como se não estivesse presente), embora do ponto de vista experimental a sua presença seja importante, dado que permite medir indiretamente a corrente I_1 . Com efeito, a tensão V_{R1} é proporcional ao valor de R_1 e à corrente I_1 , i.e. $V_{R1} = R_1 I_1$. Dado que a resistência R_1 é constante e de valor reduzido, então a tensão V_{R1} constitui uma imagem da corrente I_1 sob a forma de tensão. Assim, podemos observar no osciloscópio a evolução temporal de I_1 , sem necessidade de recorrer a pontas de prova de corrente que não estão disponíveis no laboratório.

A segunda parte do circuito consiste na retificação de onda completa. A configuração em ponte de Graetz é constituída pelos díodos D_1 a D_4 , cuja finalidade consiste em converter uma tensão alternada (i.e. bidirecional) numa tensão retificada (i.e. unidirecional). A tensão assim obtida afasta-se ainda muito de uma tensão contínua, dado que assume periodicamente tanto o valor máximo da tensão como o valor nulo.

A terceira parte do circuito corresponde à filtragem e é constituída apenas por um condensador. A tensão V_3 fornecida pelo andar anterior, se bem que unidirecional, é fortemente ondulatória. O condensador tem por missão aproximar essa tensão de uma tensão contínua.

A quarta parte, a da limitação de tensão, é constituída pela resistência R_2 e o díodo zener D_5 . A tensão obtida à saída deste bloco é suficientemente próxima de uma tensão contínua e pode ser usada para alimentar pequenas cargas de corrente contínua. A quinta parte é constituída unicamente pela resistência R_3 que representa a carga equivalente alimentada pelo circuito e pode, na realidade, corresponder a um circuito eletrónico de baixo consumo.

Repare-se que neste circuito temos tensões que estão referenciadas à massa (e.g. V_2 e V_3) e outras que não. São exemplos destas últimas a tensão V_{R1} aos terminais da resistência R_1 (i.e., nenhum dos dois terminais de R_1 está ligado à massa do circuito), ou ainda a tensão V_1 . Na topologia utilizada, a tensão V_2 à saída da segunda parte do circuito (retificação) coincide com a tensão de saída da terceira parte do circuito (filtragem), não sendo assim possível de as visualizar separada e simultaneamente. Esta tensão tem uma evolução que está associada aos dois ciclos de funcionamento do condensador de filtragem: o de carga e o de descarga.

O primeiro ocorre quando a tensão assume valores próximos da tensão máxima. Nesta situação, os díodos da ponte estão polarizados diretamente (a tensão do lado da fonte é superior à tensão aos terminais do condensador) e a fonte AC carrega o condensador, alimentando, simultaneamente, a carga.

O segundo ciclo ocorre quando a tensão da fonte desce abaixo do valor da tensão no condensador, contrapolarizando os díodos da ponte. Neste ciclo não há corrente vinda da fonte AC, sendo a carga alimentada pelo condensador, o qual, entretanto, se vai descarregando. Deste modo, a corrente na fonte AC não é sinusoidal mas tem uma forma que se pode considerar impulsional [36].

Para este exemplo foi usada a função apresentada na figura 18 que se trata de uma função par e representa a retificação de onda completa definida em R e com período de 2 unidades da escala.

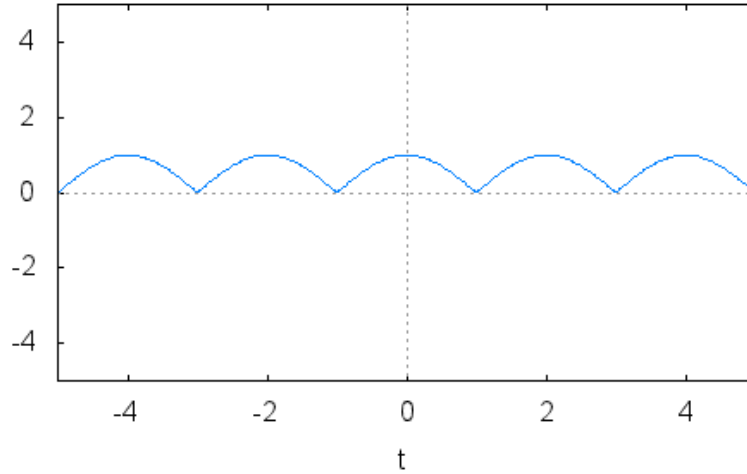


Figura 18 : Representação da onda retificada.

De seguida explicar-se-á o processo de cálculo dos vários coeficientes de Fourier, a_0 , a_n e b_n :

1. Aplicando a fórmula 11 obtém-se um valor médio de $a_0 = \frac{2}{\pi}$
2. Aplicando a fórmula 12 obtém-se uma componente par de $a_n = -\frac{4(-1)^n}{4\pi n^2 - \pi}$
3. Aplicando a fórmula 13 obtém-se uma componente impar de $b_n=0$
4. Para o primeiro harmónico aplicou-se a seguinte formula:

$$h(t, n) = a_n \cos(w_0 n t) + b_n \sin(w_0 n t) \quad (23)$$

Desta forma tem-se que para $n=1$:

$$h(t, 1) = \frac{4\cos(\pi t)}{3\pi} \quad (24)$$

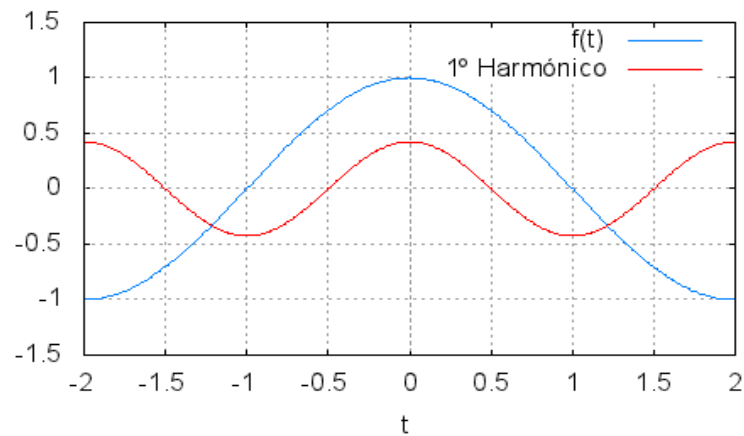


Figura 19 : Representação do primeiro harmônico.

Na figura 19 está representado a azul a função $f(t)$ e a vermelho o primeiro harmônico calculado pela expressão 24. Da análise desta figura pode-se concluir que o sinal harmônico é composto apenas por uma componente par. Uma vez que estamos a analisar uma função par, $f(t)$ todos os seus harmônicos serão pares.

O processo deve continuar para $n = 2, 3, 4, \dots$ sendo apenas necessário substituir o valor de n na expressão pelo valor do harmônico pretendido. Por exemplo para o terceiro harmônico, ou seja, $n = 3$, ter-se-ia o representado na figura 20:

$$h(t, 3) = \frac{4\cos(3\pi t)}{35\pi} \quad (25)$$

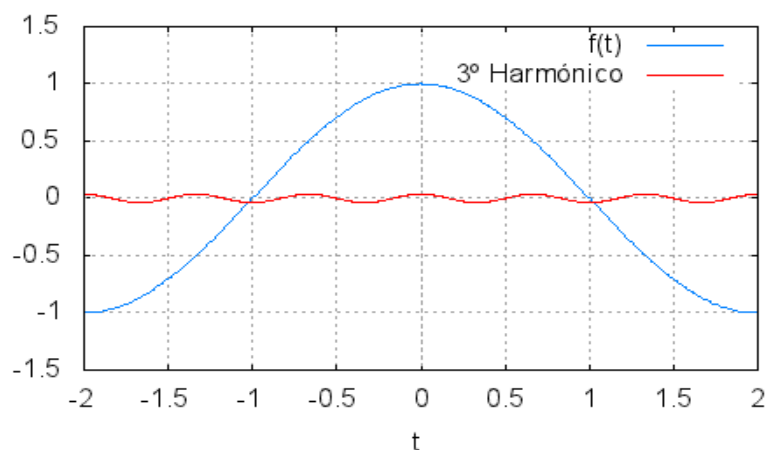


Figura 20 : Representação do terceiro harmônico.

Da análise das imagens apresentadas e respectivas expressões pode-se concluir que, aumentando a ordem dos harmônicos, se verifica um aumento da frequência e diminuição de amplitude dos novos harmônicos quando comparados com os anteriores.

Na figura 21 estão representados alguns harmônicos de ordens consecutivas e, como se pode verificar, existe uma tendência para se aproximarem do valor zero com a consecutiva diminuição da amplitude, o que leva a concluir que a partir de uma determinada ordem a influencia dessa componente harmónica deixa de ser significativa.

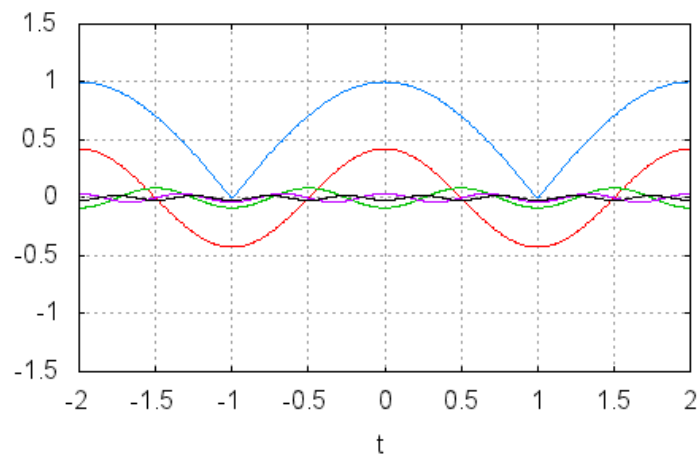


Figura 21 : Representação de harmônicos de ordens consecutivas.

De seguida deve proceder-se ao cálculo da Serie de Fourier através da fórmula número 26, tal como no cálculo dos coeficientes a_0 , a_n e b_n é apenas necessária a substituição do valor n até ao valor da ordem do harmónico desejado. De seguida serão apresentados alguns exemplos do cálculo para diversas ordens de harmónicos.

Exemplo $n=1$

$$f(t, 1) = \frac{4\cos(\pi t)}{3\pi} + \frac{2}{\pi} \quad (26)$$

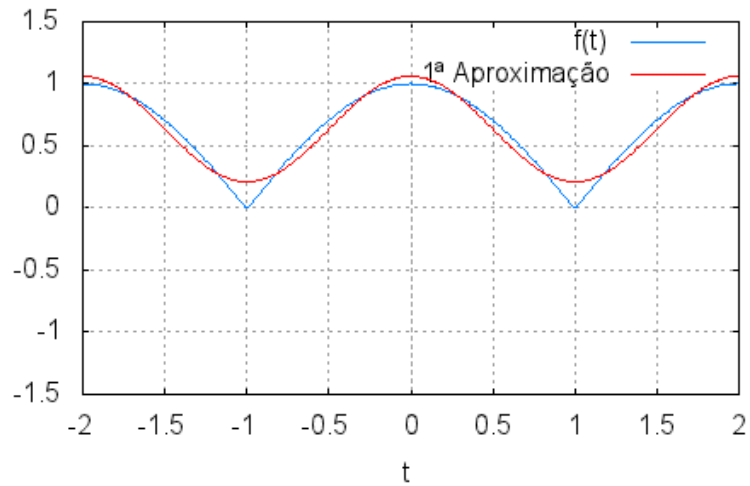


Figura 22 : Representação da primeira aproximação.

Exemplo n=2

$$f(t, 2) = \frac{2}{\pi} - 4\left(\frac{\cos(2\pi t)}{15\pi} - \frac{\cos(\pi t)}{3\pi}\right) \quad (27)$$

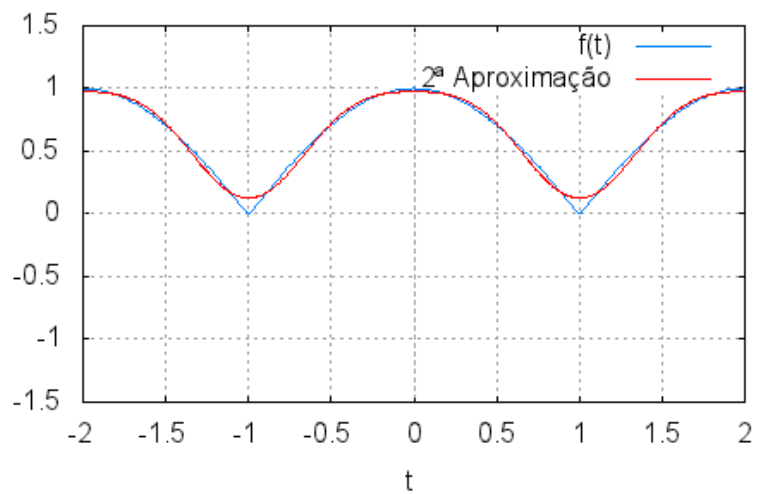


Figura 23 : Representação da segunda aproximação.

Deve proceder-se desta forma até ao valor da ordem desejada por exemplo, para n=10 ter-se-ia a seguinte aproximação.

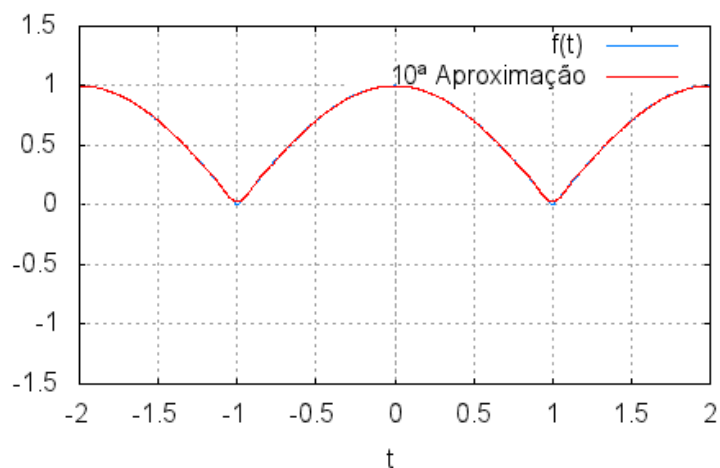


Figura 24 : Representação da décima aproximação.

Analisando as figuras apresentadas facilmente se pode concluir que com o aumento da ordem dos harmônicos maior é a aproximação à função inicial $f(t)$, ou seja, a Serie de Fourier tende para $f(t)$.

A aproximação de uma função $f(t)$ representa a decomposição em harmônicos, que são caracterizados por uma amplitude, uma frequência e fase. A forma de caracterizar a decomposição é através da expressão matemática da serie ou pelos parâmetros que caracterizam os harmônicos.

Feita esta transformação (decomposição) deixa de se falar em domínio dos tempos mas sim em domínio das frequências.

Tendo presente o espectro das frequências dos harmônicos, pode-se aferir que o valor da amplitude dos mesmos é obtida através do cálculo dos coeficiente de Fourier, no caso da frequência, esta é múltipla da frequência fundamental w_0 , ou seja é igual a π . Através da análise do espectro pode-se concluir que a primeira risca corresponde a 0 rad/s e tem uma amplitude $|a_0|=2/\pi$ – componente continua. A segunda risca representa a frequência fundamental do sinal, π rad/s uma vez que para $n=1$ tem-se $w_n=w_0*n=\pi*1=\pi$ tem-se uma amplitude correspondente à amplitude do gráfico no domínio dos tempos, o mesmo raciocínio serve para as restantes riscas. Esta amplitude pode ser calculada pela fórmula de termo geral:

$$A_n = \sqrt{a_n^2 + b_n^2} \quad (28)$$

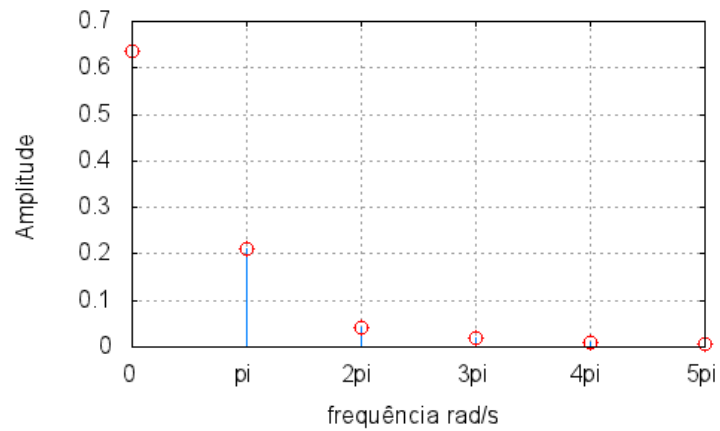


Figura 25 : Representação do espectro harmónico da onda original.

Numa situação de estudo de vários harmónicos, por exemplo até $n=10$, esta análise no domínio das frequências mostra-se bastante útil. Uma vez que se analisarmos graficamente no domínio dos tempos torna-se um pouco confusa a distinção dos harmónicos por se apresentarem todos sobrepostos, é neste momento que se torna mais simples a análise no domínio das frequências como se pode verificar nas duas figuras seguintes.

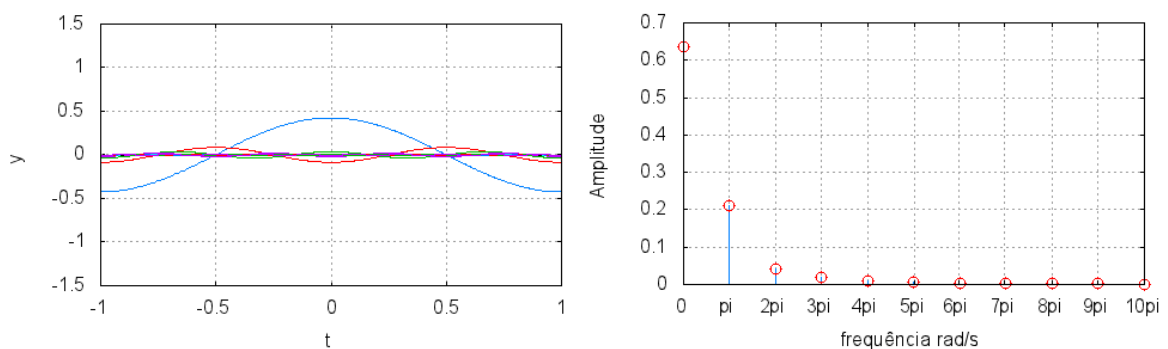


Figura 26 : Domínio dos tempos e frequências.

No domínio das frequências cada harmónico é apresentado pela sua frequência característica, fazendo com que dois harmónicos nunca coincidam. Assim torna-se possível

uma melhor percepção da amplitude de cada harmónico, no entanto para uma melhor visualização da convergência da serie, a análise no domínio dos tempos torna-se bastante mais clara.

Para terminar o estudo da retificação de onda completa é necessário o cálculo da taxa de distorção harmónica (THD), ou seja o valor do afastamento do ideal da onda. Para tal foi calculado o valor eficaz dos vários harmónicos através da seguinte fórmula:

$$V_n = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T h(t, n)^2 dt} \quad (29)$$

Tabela 2 : Cálculo do THD.

Valor eficaz do 1º harmónico	$V_1=0,300105438$
Valor eficaz do 2º harmónico	$V_2=0,060021088$
Valor eficaz do 3º harmónico	$V_3=0,025723323$
Valor eficaz do 4º harmónico	$V_4=0,014290735$
<i>THD</i>	$THD=0,22660097$

Na tabela 2 obteve-se um valor de THD de 0,226, ou seja, a onda $f(t)$ está afastada do ideal de 22,6%, logo pode-se concluir que esta onda tem uma poluição harmónica bastante significativa.

6.2.3. UMA VISÃO MAIS SIMPLES DO CONCEITO DE HARMÓNICO

A exposição anteriormente feita é essencial para a compreensão do conteúdo harmónico de uma forma de onda de tensão num SEE. No entanto este tipo de exposição é frequentemente vista como pouco ou nada apelativa. Coloca-se a questão de saber de que modo se poderia transmitir o essencial da mensagem em poucas palavras. A questão frequentemente colocada pelos alunos é a de saber realmente para que serve esta

representação do conteúdo harmónico. O texto que se segue procura fazer uma representação muito simples de distorção harmónica e do THD. Depois de vencida a barreira inicial, prevê-se que os alunos estejam muito mais recetivos a um estudo mais profundo e orientado destas matérias.

Como se sabe, os humanos gostam de tornar as coisas mais simples como por exemplo com a utilização de escalares, ou seja, grandezas definidas quando precisamos somente de um valor numérico para caracterizar uma grandeza física. Um modo de expressar uma proporção ou relação entre dois valores é a conhecida percentagem (%). A percentagem representa que parte é do quê.

No entanto, no caso das ondas sinusoidais reais, ou seja, distorcidas, torna-se um pouco mais complicado, uma vez que estas têm diversos parâmetros que devem ser analisados, tais como a tensão máxima (V_{max}), tensão mínima (V_{min}), tensão média (V_{med}), tensão eficaz (V_{ef}), frequência (f) entre outros e se, a cada um deles estiver associado um erro torna-se difícil de quantificar o erro total.

Um harmónico de tensão ou corrente é um sinal sinusoidal cuja frequência é múltipla da frequência do sinal principal. Na imagem 27 é possível ver representada pela onda 1 uma senoide principal (sinal fundamental) e a onda 3 que correspondem à senoide de amplitude e frequência diferente (harmónico). A onda representada por 2 não é mais que a soma ponto a ponto das duas anteriores, ou seja, quando a forma de onda do sinal fundamental é deformado pode-se concluir que este tem conteúdo harmónico.

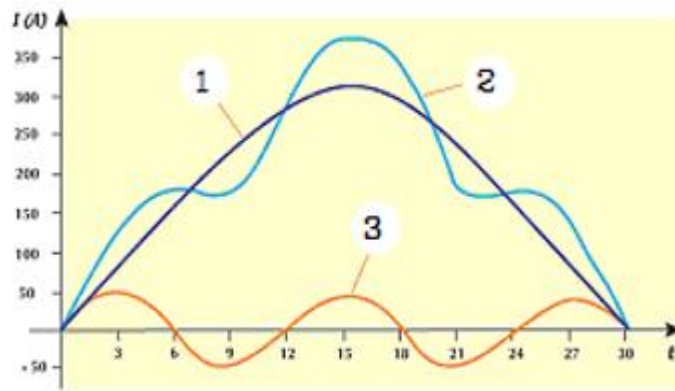


Figura 27 : Componentes da senoide real.

O que Fourier se propôs a desenvolver foi uma forma de chegar a um valor apenas que representasse todo o conteúdo harmónico de um sinal, ou seja, conseguir com um valor se quantificar o afastamento do ideal de uma determinada senoide. É nesta fase que entra a explicação matemática dos harmónicos, que na prática não é muito interessante. O que importa reter é que decompondo uma determinada senoide em serie de Fourier e somando os diferentes harmónicos obtém-se a distorção global do sinal original, ou por outras palavras, temos representado por um valor, o THD, o afastamento do ideal da senoide inicial.

Esta decomposição é representada pelo espetro harmónico onde é possível ver as componentes harmónicas do sinal representadas em forma de gráfico de barras tendo a frequência como domínio. Este espetro harmónico não é mais que as diferentes componentes harmónicas, decompostas, giradas 90° em torno do seu eixo (figura 26).

Esta descrição serviu de base para o desenvolvimento do meio educativo desenvolvido. Repare-se que se pretendeu utilizar uma linguagem muito simples e acessível. Depois de vencida a barreira inicial é que o aluno estará em condição de atentar na descrição mais pormenorizada feita anteriormente. O trajeto contrário é frequentemente mais desanimador, i.e., explicar primeiro e abstratamente a decomposição em Série de Fourier é menos apelativo para ou alunos se estes não tiverem uma aplicação em vista.

6.2.4. NORMALIZAÇÃO

Recomendações ANSI/IEEE 519-1992 para controlo de harmónicos

Esta não é uma norma mas sim uma recomendação produzida pelo IEEE [37], que descreve as principais causas de distorção harmónica e indica também os métodos de medição e limites de distorção. Estes limites estabelecidos são referentes aos valores medidos no *Ponto de Acoplamento Comum* (PAC) e não nos equipamentos individualmente.

Os limites estabelecidos diferem de acordo com o nível de tensão e com o nível de curto-circuito do PAC uma vez que, à medida que se eleva o nível de tensão, menores são os limites aceitáveis de distorção.

A medição da *Total Demand Distortion* (TDD), que se caracteriza como a distorção harmónica da corrente em %, deve ser realizada no pico do consumo. Nas tabelas 3 e 4 estão representados os limites de distorção de corrente.

Tabela 3 : Limites de Distorção da Corrente em Sistemas de Distribuição (120V a 69kV).

Máxima corrente harmónica em % da corrente de carga (10-componente fundamental)						
Harmónicos Impares						
Icc/I0	<11	11<n<17	17<n<23	23<n<35	35<n	TDD(%)
<20	4	2	1,5	0,6	0,3	5
20<50	7	3,5	2,5	1	0,5	8
50<100	10	4,5	4	1,5	0,7	12
100<1000	12	5,5	5	2	1	15
>1000	15	7	6	2,5	1,4	20

Tabela 4 : Limites de distorção de corrente em Sistemas de alta tensão e geração e cogeração isolados.

Harmónicos ímpares						
Icc/I0	<11	11<n<17	17<n<23	23<n<35	35<n	THD(%)
<50	2	1	0,75	0,3	0,15	2,5
>50	3	1,5	1,15	0,45	0,22	3,75

De acordo com esta recomendação, as empresas distribuidoras são responsáveis pela manutenção da qualidade da tensão em todos os seus sistemas. Esta estipula os limites de distorção para os diferentes níveis de tensão a observar nas redes elétricas. Esses limites de distorção aceitáveis são definidos como é apresentado na tabela 5.

Tabela 5 : Limites de distorção de tensão.

Tensão Nominal (Un)	Distorção Harmónica Individual (%)	Distorção Harmónica Total (%)
$U_n \leq 69 \text{ kV}$	3,0	5,0
$69 \text{ kV} < U_n \leq 161 \text{ kV}$	1,5	2,5
$U_n > 161 \text{ kV}$	1,0	1,5

Os valores mais importantes que devem ser retidos da análise das tabelas anteriores são os valores de distorção harmónica total para os diferentes níveis de tensão. Os que se referem à energia entregue aos consumidores são talvez os mais importantes de analisar, porque estes se situam na baixa e média tensão e também porque legalmente a distorção harmónica não pode ultrapassar o valor de 5%.

Repare-se que a compreensão dos conceitos de distorção harmónica e de THD apresentados anteriormente é absolutamente incontornável para que o aluno consiga

perceber a importância dos limites legais agora apresentados. É frequente e dramático que os alunos não entendam o conceito de THD e numa fase subsequente necessitem desses conceitos e não os saibam entender e interpretar, dando origem a situações angustiantes.

6.3. CONCEITOS DE LIGAÇÃO DE TERRA E NÓ DE MASSA

Será em seguida apresentado, de uma forma que se pretendeu simples e fácil, uma aceitável explicação dos conceitos de *terra* e de *massa*.

LIGAÇÃO DE TERRA

A ligação de *terra* consiste na ligação de um eléctrodo à terra. Esta ligação faz parte de uma instalação eléctrica, e é concretizado por um elemento metálico enterrado no solo. Este elemento tem uma grande importância na medida em que é um elemento de protecção humana da instalação [38].

De seguida, na figura 28, é apresentado um esquema simples de uma instalação eléctrica de uma casa onde se pode ver a verde a representação da terra de serviço ligada à fonte de tensão e a terra de protecção ligada a carcaça de um aparelho eléctrico, i.e., uma carga.

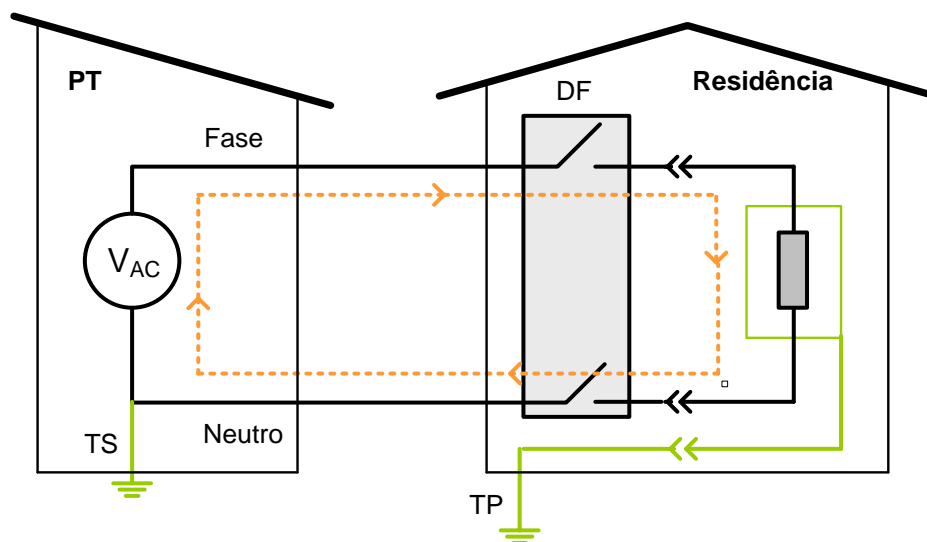


Figura 28 : Instalação eléctrica com terra de protecção [38].

À esquerda representa-se o posto de transformação que fornece a energia à residência cuja instalação eléctrica inclui o disjuntor diferencial (indicado como DF na figura e com

representação não normalizada por questão de simplicidade). Este disjuntor mede e compara em tempo real a diferença de corrente entre a corrente de fase e de neutro. Essa diferença, que se designa-se por *corrente de defeito*, se exceder o valor da corrente nominal da corrente de defeito do disjuntor diferencial fará com que este atue, interrompendo o circuito.

Numa situação de ausência de defeito na carga a corrente circula entre a fase e o neutro sem fazer atuar o disjuntor diferencial DF. No entanto do caso da presença de um defeito no equipamento a corrente de defeito passaria a circular através dos elétrodos de terra como se pode verificar na figura 29.

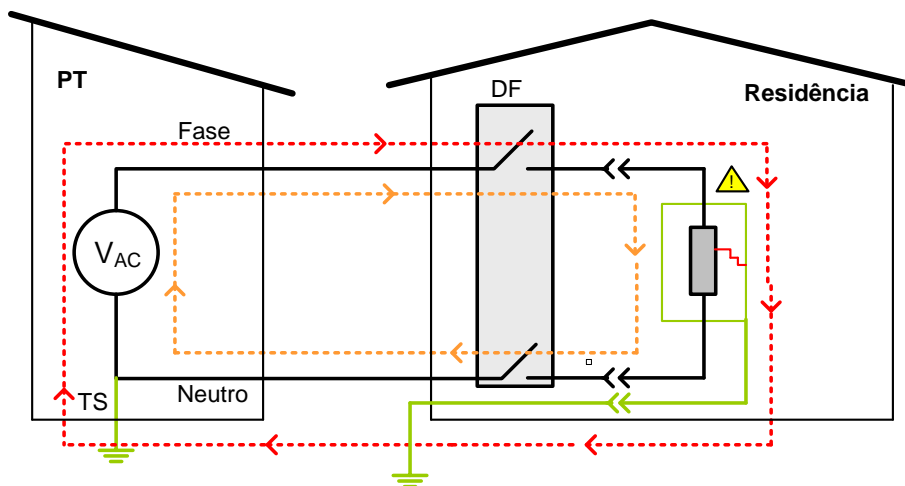


Figura 29 : Terra de proteção na presença de defeito [38].

Na figura 30 pode-se verificar que o equipamento não tem ligação de terra o que faz com que, na presença de um defeito, a estrutura do mesmo fique com um determinado potencial, logo se o utilizador tocar na carcaça haverá a passagem de corrente pelo seu corpo que será rapidamente sessada pois o disjuntor diferencial ao medir uma diferença de corrente superior irá disparar.

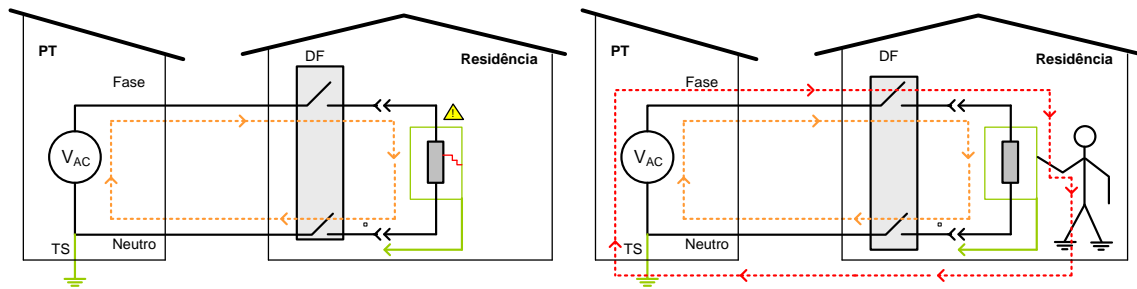


Figura 30: Representação de um circuito com defeito ligado a uma tomada sem terra de proteção [38].

A diferença entre a corrente de defeito que passa pelo corpo do utilizador e a corrente que continua a circular entre a fase e o neutro será detetada pelo disjuntor que irá atuar e cortar a alimentação. É evidente que existem muitas formas de explicar este conceito mas nesta representação tivemos, mais uma vez, a preocupação da simplicidade. De fora ficam para já outras questões importantes relacionadas com a seletividade.

NÓ DE MASSA

Na análise de circuitos, por uma questão de simplicidade, as tensões são referidas em nós. Essas tensões são sempre consideradas em relação a um nó tomado como referência situada num dos nós do circuito. Considere-se o circuito representado na figura 31.

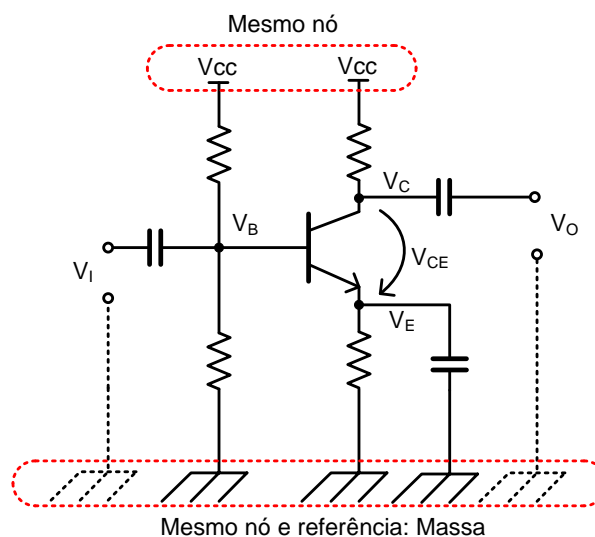


Figura 31 : Exemplo de um circuito com a marcação do nó de referencia [38].

Neste exemplo pode-se ver marcado a tracejado vermelho o nó considerado como referência para medições, ou seja, a massa do circuito. A tensão V_B e V_{CC} são consideradas em relação à massa, no entanto V_{CE} é uma tensão entre dois pontos que não a massa [38].

A massa serve assim para identificar o nó em relação ao qual são identificadas tensões num esquema. Note-se que um circuito global pode ser dividido em diversos sub-circuitos isolados galvanicamente entre si, pelo que a cada um deles pode ser atribuído um nó de referência, ou seja, a *massa* [38]. Tal situação encontra-se representada na figura 32.

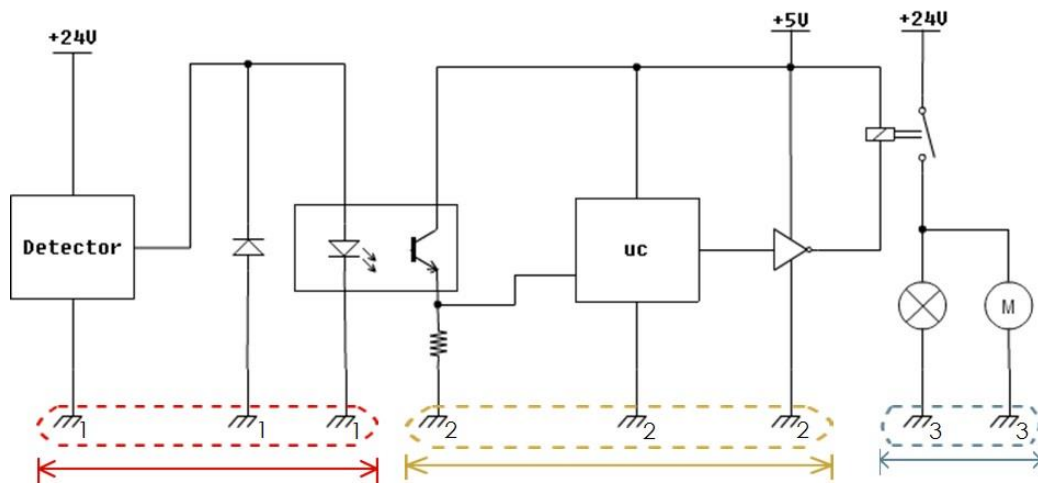


Figura 32 : Circuito com três massas independentes [39].

Genericamente podemos considerar que a massa de um circuito é o nó tomado por referência e como tal assinalado no respetivo esquema.

MASSA VERSUS TERRA

Na realidade nem todos os equipamentos possuem apenas um destes elementos. De forma a melhor compreender as várias hipóteses analise-se a tabela 6.

Tabela 6 : Possibilidades de terra e/ou massa para equipamentos.

	Sem Terra	Com Terra
Sem Massa	1	2
Com Massa	3	4.a / 4.b

Nesta tabela pode-se verificar que existem quatro estados distintos de associação dos dois conceitos em estudo, são eles:

1. o equipamento não possui ligação de terra nem nó de massa como é exemplo um simples candeeiro;
2. o equipamento apenas possui ligação de terra como é exemplo um frigorífico;
3. o equipamento possui apenas massa, exemplo disso é um simples leitos de CD;
4. o equipamento possui ligação terra e nó de massa. Neste caso podem ocorrer duas situações distintas:
 - a. estarem em nós separados, como por exemplo no caso de um *desktop*;
 - b. estarem no mesmo nó, como é exemplo o gerador de sinal ou mesmo de um osciloscópio.

Desta forma é possível perceber claramente as quatro diferentes configurações possíveis destes dois elementos distintos, associadas a exemplos práticos.

Conforme se pode observar, a explicação dos conceitos foi feita de modo a privilegiar a simplicidade. Chama-se a atenção para o facto de estes conceitos estarem muito mal esclarecidos tanto na literatura como nos *sites* consultados na *internet*. Um exercício simples consiste em convidar os alunos a fazerem uma pesquisa. Os resultados são francamente pouco satisfatórios. Torna-se assim clara *à priori* a necessidade deste conceito, como adiante se verá.

7. AVALIAÇÃO DE MEIOS EXISTENTES

A metodologia utilizada nesta fase do trabalho consistiu num exercício onde se suponha que o aluno iria ter um teste brevemente e necessitava de se preparar de modo autónomo, ou seja, estudar por si utilizando os meios de que dispusesse. Assim, numa primeira fase foi necessário identificar quais os meios que o aluno iria utilizar e, tendo em conta a geração atual de estudantes, tomou-se como evidente que o aluno iria utilizar preferencialmente a *internet*. Note-se que, deste modo, foi imediatamente excluída a biblioteca pelos motivos apresentados na análise inicial deste trabalho.

De seguida elegeram-se alguns meios que possivelmente esse aluno utilizaria, tais como *websites*, apresentações PowerPoint ou vídeos do YouTube. Para além destes foi sugerido pelo docente que fossem utilizados livros, no entanto estes meios não fizeram parte desta avaliação por limitações temporais.

Numa fase seguinte proceder-se-á a uma avaliação de um conjunto de cada tipo de meios eleitos e, decorrente dessa avaliação, será decidido se existe a necessidade ou não de

desenvolver um conjunto de novos meios mais adaptados às necessidades da geração atual de alunos.

No caso de realmente haver a necessidade de desenvolver novos meios, perante os resultados da avaliação feita aos meios existentes, estes serão apresentados a um conjunto de alunos e avaliados posteriormente através de questionários de forma a poder fazer uma tentativa de validação da sua eficácia e eficiência.

Assim, neste capítulo, será apresentada a avaliação feita pelo autor a alguns meios de apoio ao ensino dos conceitos considerados críticos. Esta avaliação é feita com base numa escala que vai de 1 a 5 sendo que o 1 corresponde a *pouco claro* e 5 *muito claro*. De seguida na tabela 7 serão apresentados os *websites* e slides que serão alvo da classificação.

Tabela 7 : Meios existentes classificados.

Site 1:	https://pt.wikipedia.org/wiki/Carga_el%C3%A9trica
Site 2:	http://manicomioinc.blogspot.pt/2010/12/cargas-nao-lineares-e-lineares.html
Site 3:	https://www.quora.com/What-are-linear-and-non-linear-loads
Site 4 :	http://www.electrical-knowhow.com/2012/03/electrical-load-classification-and_07.html
Site 5:	http://www.tricolite.com/pdf/sources-eEffects-harmonics.pdf
Site 6:	http://www.ebah.pt/content/ABAAAfpIsAC/distorcao-harmonica-redes-eletricas
Site 7:	https://en.wikipedia.org/wiki/Harmonics_(electrical_power)
Site 8:	http://www.electrical-installation.org/enwiki/Definition_of_harmonics
Site 9:	http://electrical-engineering-portal.com/definition-of-harmonics-and-their-origin
Site 11:	https://pt.wikipedia.org/wiki/Terra_(eletricidade)
Site 12:	http://www.ebah.pt/content/ABAAAzIMAA/aterramento-eletrico
Slides 1:	Harmonicas
Slides 2:	Acetatos_04 - common_neutral_earth_PT-dec
Slides 3:	Electrónica_SEE_MCF_V3

De seguida será apresentado na tabela 8 o resumo da avaliação feita aos meios selecionados tendo em conta alguns elementos considerados importantes para a perceção correta dos conceitos.

Tabela 8 : Avaliação de meios existentes.

	Site 1	Site 2	Site 3	Site 4	Site 5
Cargas Lineares e Não-lineares					
Tipos	1	1	1	5	3
Parâmetros	1	4	1	4	3
Noção de 'característica'	1	1	1	1	1
Funcionamento	1	1	4	4	1
	Site 6	Site 7	Site 8	Site 9	Slides1
Harmónicos					
Importância	2	1	1	1	3
Decomposição	4	3	2	4	1
Transparência	2	3	3	1	1
Perda de informação	3	2	2	1	1
	Site 11	Site 12	Site 13	Slides 2	Slides 3
Terra / Massa					
Definição Terra	1	3	-	4	5
Definição Massa	1	1	-	4	4
Equipamentos	1	1	-	1	3
Diferentes Funções	1	1	-	3	4

RESULTADO E AVALIAÇÃO

Começou-se por uma primeira pesquisa em língua portuguesa que não levou a bom fim e de seguida numa segunda fase tentou-se encontrar informação com maior qualidade em *websites* de língua inglesa, no entanto, apesar de um pouco melhor, a informação encontrada continua a não ser suficientemente clara e precisa. De forma a tentar melhorar a

pesquisa e aumentando o tipo de meios em análise, avaliou-se alguns slides explicativos desenvolvidos tanto por docentes como por outros alunos e pôde-se concluir que há uma melhoria significativa na qualidade das informações, uma vez que para desenvolver este tipo de suportes terá sido necessária uma pesquisa exaustiva e até mesmo discussão com diferentes pessoas e análise de diferentes pontos de vista e experiências.

É também importante referir que para desenvolver slides explicativos deve existir um grande trabalho de síntese, tentando no espaço de trabalho dos slides apresentar apenas a informação mais relevante de uma forma clara e que facilite na eventual apresentação do conjunto de slides. Talvez por este motivo realmente se note uma melhor qualidade da informação apresentada.

No final desta avaliação pôde-se concluir que realmente os alunos, que preferem fazer pesquisas *online* sempre que têm uma dúvida, nos temas em estudo, não dispõem de muita informação clara. Uma vez que algumas figuras de mérito valorizadas pelos alunos são a clareza e a precisão da apresentação dos conceitos, realmente os meios analisados neste ponto não vão ao encontro destas necessidades dos alunos.

Para além da avaliação a estes dois tipos de meios foi também feita uma pequena pesquisa de meios audiovisuais que pudessem estar disponíveis no YouTube, relativos aos três temas críticos, no entanto esta, mais uma vez, não foi uma tarefa simples, uma vez que na área da eletrónica não existem muitos vídeos deste género.

Mas começemos por analisar o caso das cargas, em que a grande maioria dos vídeos que existem são relativos a linearidade de funções matemáticas e não sobre cargas, o que para eletrónica não é uma grande ajuda.

Já no caso dos harmónicos, os vídeos disponíveis são maioritariamente sobre harmónicos musicais no entanto foi encontrado um canal do professor Luciano Do que do Brasil [40] que tentar utilizar em parte a metodologia utilizada neste trabalho conciliando um conjunto de slides com a sua voz. No entanto os seus vídeos são pouco claros e pouco estruturados para que a informação consiga chegar ao aluno de uma forma eficaz, como acontece com outros vídeos de professores que simplesmente gravaram a explicação que dão nas suas aulas aos alunos, que pouco traz de novo a não ser o facto de poder ser vista tantas vezes quantas as necessárias.

No caso do conceito de *terra* e de *massa* mais uma vez foi encontrada muito pouca informação, existindo alguns vídeos onde são feitas tentativas de distinção entre terra e neutro mas em relação à comparação entre os dois temas em estudo neste trabalho não foi encontrada informação. Esta constatação é importante para realçar a importância deste tema. Evidentemente que não foi possível fazer uma pesquisa exaustiva de todos os vídeos existentes mas numa situação normal em que o estudante procura explicações ou respostas rápidas as suas questões, ele opta por uma pesquisa rápida através do seu computador ou outro aparelho com ligação à *Internet*, pois a geração atual privilegia a rapidez, eficácia e clareza da informação. Quando o aluno tem uma dúvida procura a resposta mas pretende essa resposta o mais rapidamente possível.

De forma a tentar colmatar estas falhas foi desenvolvido outro tipo de meios que tentam melhorar os já existentes em alguns pontos, tendo sempre em consideração que não são com certeza perfeitos, existindo sempre a possibilidade de os melhorar com o objetivo de num futuro, preferencialmente próximo, se tornarem mais perfeitos para apoiar o ensino e a aprendizagem de quem os utilizar.

É importante referir que esta é uma classificação que reflete apenas a perceção de uma única pessoa. Trata-se assim de um estudo introdutório com uma amostra muito reduzida. Repare-se que uma amostra maior teria as limitações de execução de um trabalho desta natureza, mas trata-se de uma limitação que deve ser ultrapassada no futuro. Com efeito, poderíamos ter outras eventuais classificações uma vez que a perceção da informação varia de individuo para individuo.

8. MEIOS DESENVOLVIDOS

Neste capítulo será apresentada uma proposta de solução para tentar colmatar esta lacuna existente no conhecimento dos novos Engenheiros Eletrotécnicos. Tal como referido no início desta dissertação, um dos objetivos é desenvolver meios de apoio ao estudo e aprendizagem em engenharia, para tal optou-se por dividir a proposta de solução em três módulos de apoio para haver uma separação clara dos diferentes conceitos.

Na elaboração destes novos meios foram tidos em conta alguns fatores importantes, tais como as figuras de mérito já referidas anteriormente, bem como a duração das apresentações. Esta última está relacionada com o tempo máximo de concentração dos alunos que é agora mais reduzido do que o da geração anterior. Assim os meios devem ter a duração o mais curta possível e com explicações muito claras dos conceitos.

Os três módulos terão a mesma estrutura começando por uma capa ilustrativa do tema a ser abordado, seguido de objetivos a atingir depois de visualizado o vídeo, depois será apresentada a explicação dos temas em estudo, por fim são apresentadas as principais conclusões e os módulos seguintes.

Os módulos de apoio consistem em meios áudio visuais explicativos dos seguintes temas:

- Modulo 1: Conceito de Carga
- Modulo 2: Harmónicos
- Modulo 3: Terra / Massa

Conceito de Carga- Neste módulo será descrito o conceito de componente elétrico, as suas principais características e será feita a distinção entre componente linear e não-linear em função da evolução das suas características. Será também esclarecido o conceito de carga elétrica linear e não-linear com a análise de vários circuitos com cargas diferentes. Este primeiro vídeo é constituído por 16 slides com uma duração total de 6 minutos e 22 segundos. Na figura 33 é possível ver alguns slides presentes no módulo.

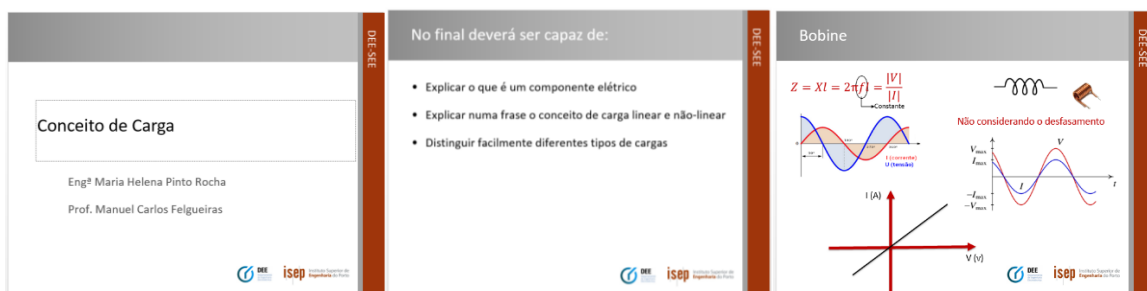


Figura 33 : Exemplos de imagens do Módulo 1.

Harmónicos- Neste módulo é feita uma exposição sobre o que são harmónicos, o objetivo deste segundo vídeo é tornar este conceito simples para os alunos, fazendo a sua exposição de uma forma esquemática. É feita a explicação do que significa a deformação existente nas formas de onda e é feita a distinção entre a decomposição de uma forma de onda do somatório das suas componentes harmónicas. Este módulo é constituído por 13 slides com uma duração de 6 minutos. Na imagem 34 é apresentado o *layout* deste segundo módulo.

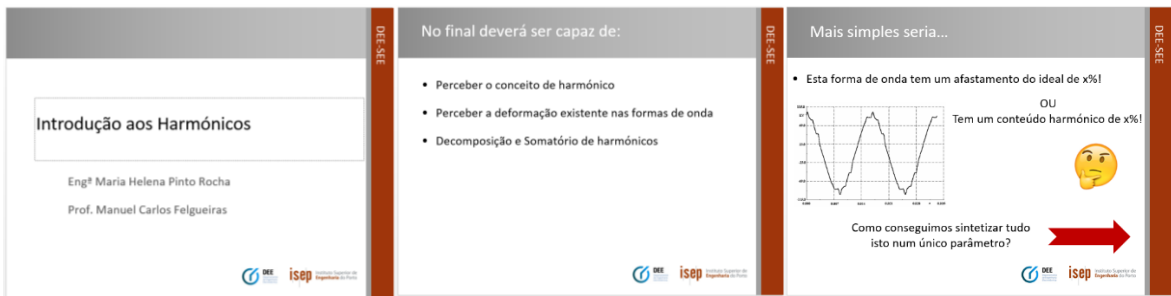


Figura 34 : Exemplos de imagens do Módulo 2.

Terra / Massa- Este módulo tem como objetivo fazer uma exposição clara do conceito de terra e massa fazendo com que os alunos consigam facilmente distinguir os dois. É também descrita a explicação e distinção das funções destes dois conceitos. Este módulo é composto por 11 slides com uma duração de 4 minutos e 25 segundos. Na imagem 35 apresentada a baixo é possível visualizar alguns dos slides do módulo.

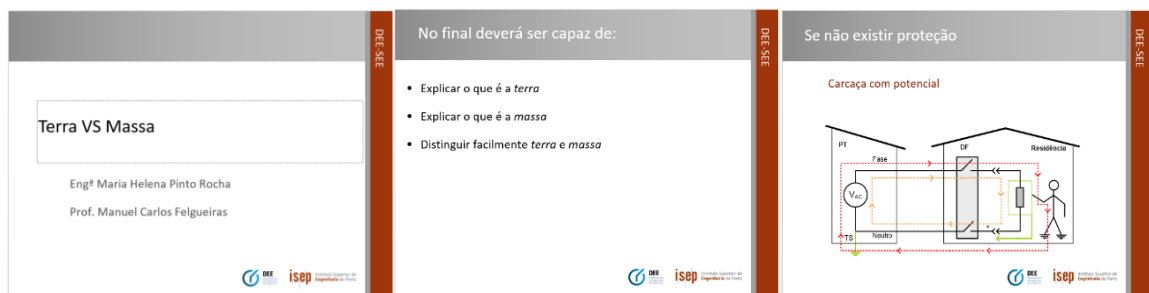


Figura 35 : Exemplos de imagens do Módulo 3.

Foi desenvolvido um conjunto de slides expositivos das matérias em estudo, através do PowerPoint. Depois foi escrito um guião explicativo e, utilizando o programa de gravação de voz, foi feita a gravação do guião. De seguida foram sobrepostos os dois anteriores, ou seja os slides e a gravação de voz de acordo com os guiões desenvolvidos. Finalmente utilizando a ferramenta *MovieMaker*, converteu-se assim estes slides em vídeo adicionando algum movimento para os tornar algo dinâmicos.

Houve o cuidado de não fazer as gravações com um tom monocórdico mas sim utilizar a entoação certa de forma a manter o aluno interessado e a acompanhar todo o processo até chegar às conclusões pretendidas.

Depois de desenvolvidos os meios de apoio foi necessário fazer a sua validação com vista à avaliação pedagógica dos meios desenvolvidos.

9. VALIDAÇÃO

9.1. METODOLOGIA DE VALIDAÇÃO

Nesta secção será apresentada a metodologia utilizada na validação da proposta de solução de que com os meios de aprendizagem audiovisuais suficientemente simples os alunos conseguem interiorizar mais facilmente diferentes conceitos. Este é um dos objetivos deste trabalho, a validação pedagógica através da aplicação de questionários a uma amostra do grupo estudantil de Engenharia Eletrotécnica, uma vez que este é dos métodos mais fiáveis para avaliar a utilidade deste projeto.

Em primeiro lugar foi necessário fazer um estudo prévio para a escolha das perguntas e respetivas respostas dos questionários pedagogicamente corretos (disponível no Anexo A). Posteriormente, esse questionário será respondido por um grupo de alunos voluntários de Licenciatura e Mestrado em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Elétricos de Energia.

A metodologia utilizada foi a *pre and post survey* que consistiu em depois de responder a uma primeira versão do questionário os alunos assistiram aos meios audiovisuais desenvolvidos ao longo deste trabalho de modo a responderem, no final, novamente ao mesmo inquérito. Deste modo é possível a comparação das respostas dadas antes e depois de assistirem aos módulos explicativos e assim perceber se houve ou não uma evolução positiva [27].

Este processo relevou-se uma boa maneira de avaliar a evolução na aprendizagem dos alunos uma vez que as questões colocadas antes e depois dos vídeos são as mesmas para mais facilmente analisar a melhoria ou não dos resultados. Espera-se que a percentagem de respostas corretas depois de os alunos assistem aos meios audiovisuais seja significativamente elevada compara com os resultados iniciais.

De seguida será apresentada a análise dos resultados obtidos nas três sessões de validação efetuadas com este método de validação, utilizando a ferramenta Excel para uma fácil visualização da evolução através de gráficos de barras comparativos do conhecimento dos alunos antes e depois da visualização dos vídeos desenvolvidos.

9.2. ANÁLISE ESTATÍSTICA DE RESULTADOS

Neste ponto serão apresentados os resultados obtidos com a tentativa de validação dos meios desenvolvidos. Através desta validação foi possível a avaliação do nível de conhecimento dos alunos voluntários sem a utilização deste tipo de meios de apoio ao ensino.

O questionário consistiu em 10 perguntas de escolha múltipla onde os alunos deveriam optar pela resposta correta ou não responder se não tivessem a certeza da mesma. Essas 10 perguntas são divididas entre os três temas críticos, sendo as três primeiras perguntas relativas aos conceitos de *carga linear* e *não-linear*, as 3 perguntas seguintes dizem respeito ao conceito de *harmónico* e por fim, as quatro últimas perguntas pretendem avaliar os conhecimentos sobre o conceito de *terra* e de *massa*.

PRIMEIRA SESSÃO

A primeira sessão de tentativa de validação dos meios de apoio ao ensino desenvolvidos contou com a participação de 7 alunos voluntários do primeiro ano da Licenciatura em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Elétricos de Energia.

Na tabela 9 estão representadas as alíneas consideradas como resposta correta a cada uma das perguntas do questionário.

Tabela 9 : Correção do questionário.

P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
b)	a)	a)	b)	b)	a)	d)	a)	c)	c)

Através da análise estatística dos resultados obtidos na sessão de validação, utilizando uma simples folha de Excel, obteve-se os resultados apresentados na tabela 10, onde na primeira linha são representadas as diferentes perguntas do questionário e na terceira linha é apresentada a percentagem de respostas corretas dadas pelos alunos questionados,

Na tabela 10 está representado pela letra A o questionário corresponde ao *momento antes* de serem visualizados os meios e apoio e D ao *momento depois* a sua visualização.

Tabela 10 : Respostas corretas (%) na sessão1.

P1		P2		P3		P4		P5		P6		P7		P8		P9		P10		
A	D	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D	
42,9	100	28,6	85,7	28,6	85,7	28,6	100	0	28,6	0	42,9	42,9	100	100	100	100	100	100	28,6	100

A figura 36 apresenta, em forma de gráfico de barras, a evolução da percentagem de respostas corretas quando comparados os resultados da tabela 10.

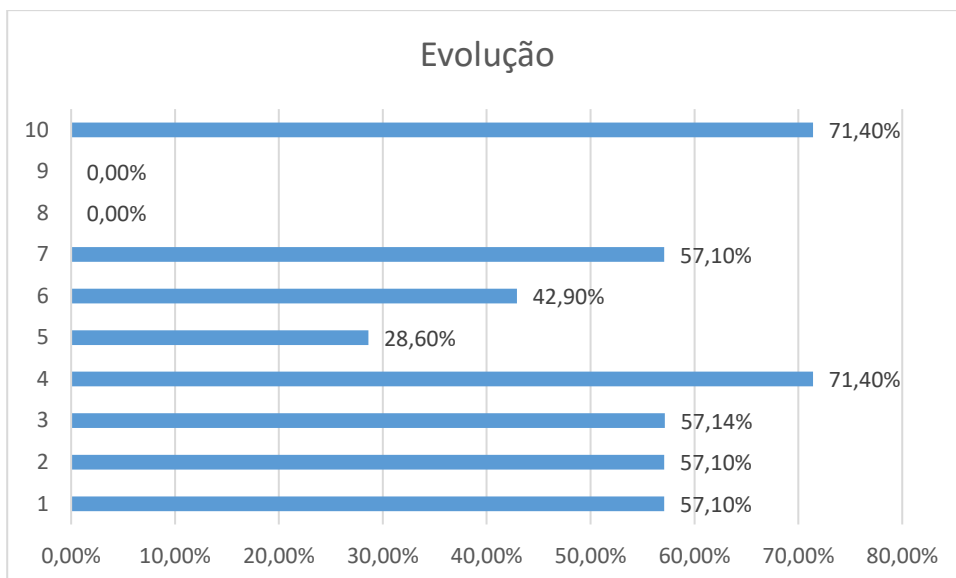


Figura 36 : Gráfico da evolução nas respostas 1.

Analisando a tabela 10 e figura 36 podemos concluir que, de uma forma geral, houve um aumento na percentagem de respostas certas depois de fornecidos os meios desenvolvidos, no entanto existem ainda alguns conceitos que não foram suficientemente bem explícitos para os alunos uma vez que não se obteve a melhoria esperada. De seguida será feita uma análise pormenorizada das respostas dadas pelos alunos a cada pergunta individualmente.

Analisando os gráficos representados pelas figuras 37, 38 e 39, nos eixos das ordenadas vê-se a percentagem de respostas corretas e o eixo das abcissas representa as diferentes perguntas do questionário efetuado, desta forma é possível comparar facilmente pela altura das colunas a evolução do momento anterior à apresentação dos vídeos com o momento após a sua visualização.

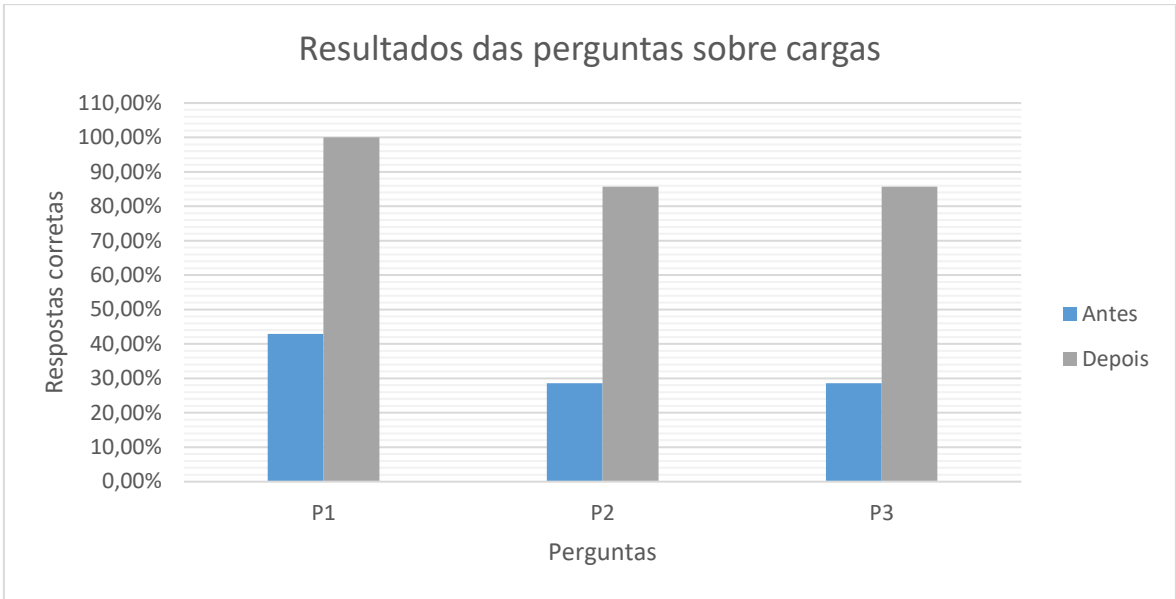


Figura 37 : Gráfico de resultados obtidos nas perguntas sobre cargas 1.

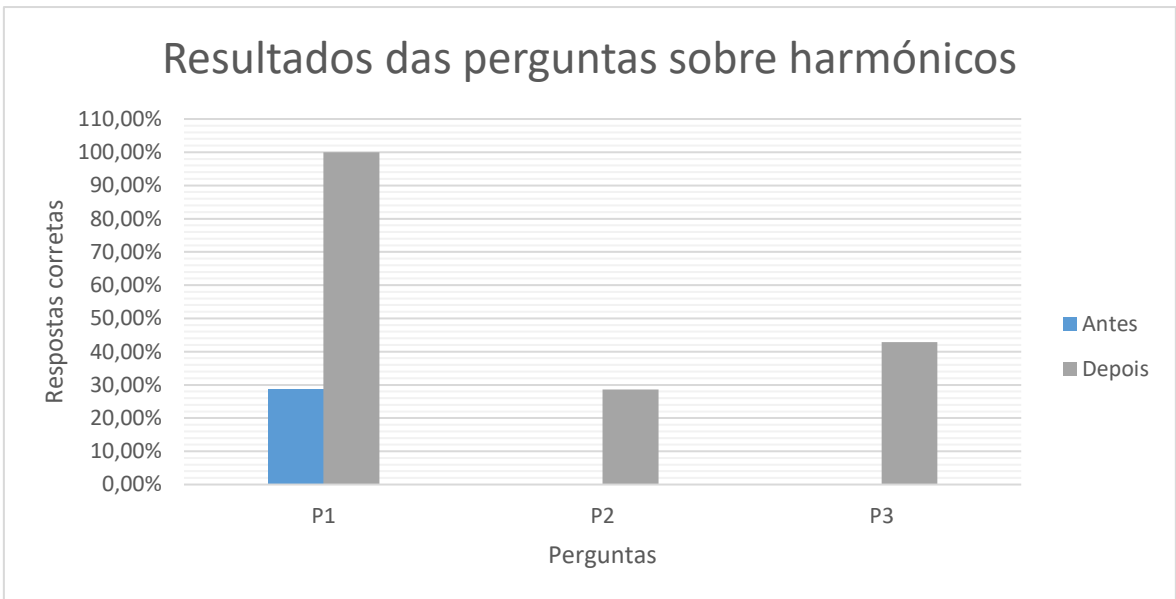


Figura 38 : Gráfico de resultados obtidos nas perguntas sobre harmônicos 1.

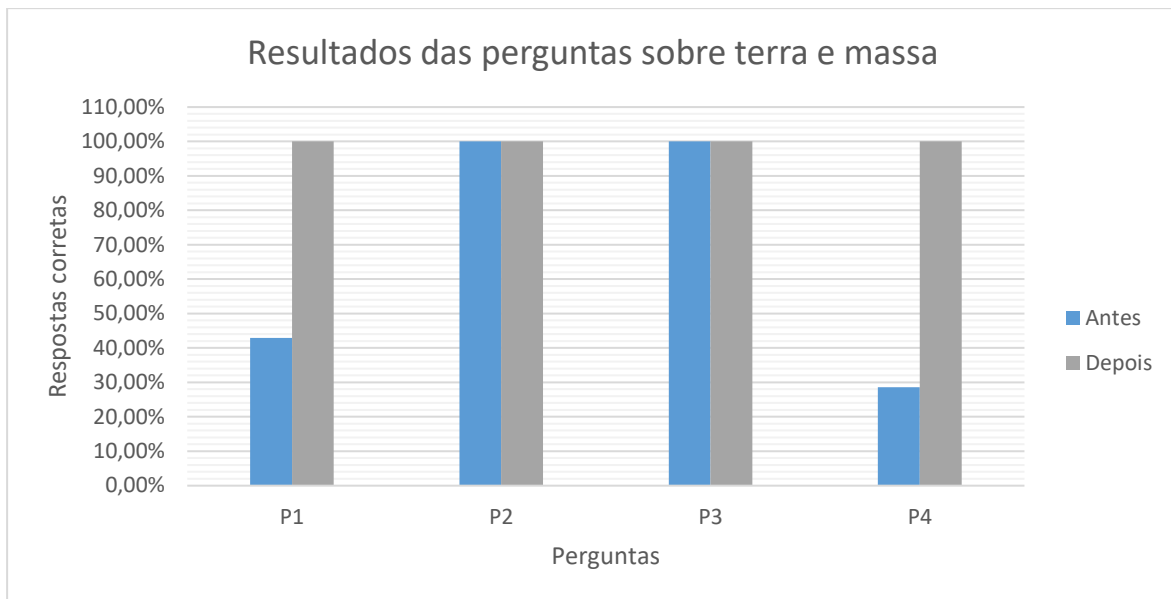


Figura 39 : Gráfico de resultados obtidos nas perguntas sobre terra e massa 1.

As colunas a azul representam a percentagem de respostas corretas antes de fornecidos os meios de apoio e as colunas a cinzento representam a percentagem de respostas corretas depois de visualizados os meios audiovisuais explicativos.

Realmente na grande maioria das perguntas é evidente um aumento de respostas certas depois de fornecidos os meios de apoio no entanto, tendo em consideração as perguntas cinco e seis, nestas a melhoria foi bastante baixa.

A quinta pergunta tinha por objetivo testar se os alunos tinham conhecimento das componentes somadas no cálculo do THD. Apesar de no vídeo correspondente à explicação do conceito de harmónico ter sido feita a marcação de quais as componentes que são somadas para o cálculo, o mesmo não foi dito por palavras. Pensamos que tal fizesse com que o conceito não ficasse claro para os alunos. Esta é encontrada para explicar o baixo índice de respostas corretas. No entanto, foi sugerida uma melhoria por parte dos alunos voluntários e depois foi introduzida uma alteração de forma a colmatar essa lacuna. Repare-se que este processo foi muito interessante pois mostra claramente a necessidade de adaptar as explicações ao tipo de população presente. Este processo só foi possível pelo facto dos alunos estarem envolvidos no processo de ensino/aprendizagem.

No caso da sexta pergunta, o problema da falta de respostas certas foi muito parecido com o da pergunta anterior. Nesta pergunta era pedido para o aluno dizer quais as grandezas relacionadas no gráfico do espectro harmónico, cuja resposta correta seria as amplitudes e as frequências.

Mais uma vez, apesar de ter sido apresentado o espectro harmónico com a respetiva legenda, apenas foi dito que este permitia comparar as componentes harmónicas pelas suas amplitudes, o que mais uma vez não deixou o conceito totalmente claro, no entanto este foi também um ponto já melhorado.

No caso das perguntas oito e nove, estas não obtiveram melhoria uma vez que os alunos responderam todos corretamente tanto no primeiro questionário como no segundo, o que revelou domínio dos conceitos em causa.

No final do questionário optou-se por acrescentar duas perguntas onde se abria espaço para os alunos tecerem alguns comentários e sugestões, o que para este trabalho é sem dúvida muito importante.

Para além das referidas perguntas houve também espaço, no final da sessão, para ouvir as opiniões dos alunos, o que foi bastante positivo para todos. De uma forma geral os alunos gostaram bastante da metodologia utilizada, enfatizando o facto de a explicação ser muito “*clara e precisa*”. Este comentário teve grande importância para a presente trabalho uma vez que vai precisamente ao encontro dos problemas com que os alunos se deparam ao longo dos seus percursos académicos.

O grande objetivo do desenvolvimento destes meios de apoio ao ensino é justamente tornar mais claros conceitos que por algum motivo não estão a ser passados para os alunos de uma forma eficaz. De acordo com os pareceres tecidos pelos alunos pode verificar-se que realmente este tipo de meios foram ao encontro das suas necessidades.

No entanto foram também feitas algumas críticas construtivas que mereceram toda a atenção e que foram já corrigidas na versão final dos meios. Os alunos apontaram algumas faltas como por exemplo no vídeo que faz a distinção entre o conceito de *terra* e *massa*. No momento da explicação do processo de disparo do *disjuntor diferencial* numa situação de

defeito com contacto indireto de um utilizador, apesar de apenas ser referido o *disjuntor diferencial* houve uma falha no guião do vídeo, só tendo sido feita referência ao *disjuntor*.

SEGUNDA SESSÃO

Feita uma primeira validação revelou-se necessária a realização de uma segunda tentativa mais consistente de validar os meios, uma vez que, no primeiro momento a amostra de estudantes foi muito reduzida pois foi realizado na época de exame no final do ano letivo não havendo assim a possibilidade de o fazer numa aula com mais alunos. Para tal foi feita uma segunda sessão de validação, onde participaram 26 alunos voluntários no terceiro ano da Licenciatura em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Elétricos de Energia, na qual foram obtidos os resultados apresentados na tabela 11 e figura 40. Neste momento de tentativa de validação foram já feitas as alterações sugeridas pelo primeiro grupo de alunos.

Tabela 11 : Respostas corretas (%) na sessão2.

P1		P2		P3		P4		P5		P6		P7		P8		P9		P10	
A	D	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D
38,5	96	69,2	96,2	27	73,1	76,9	88	12	46,2	42	65,4	61,5	88	65	100	73	96	69,2	88

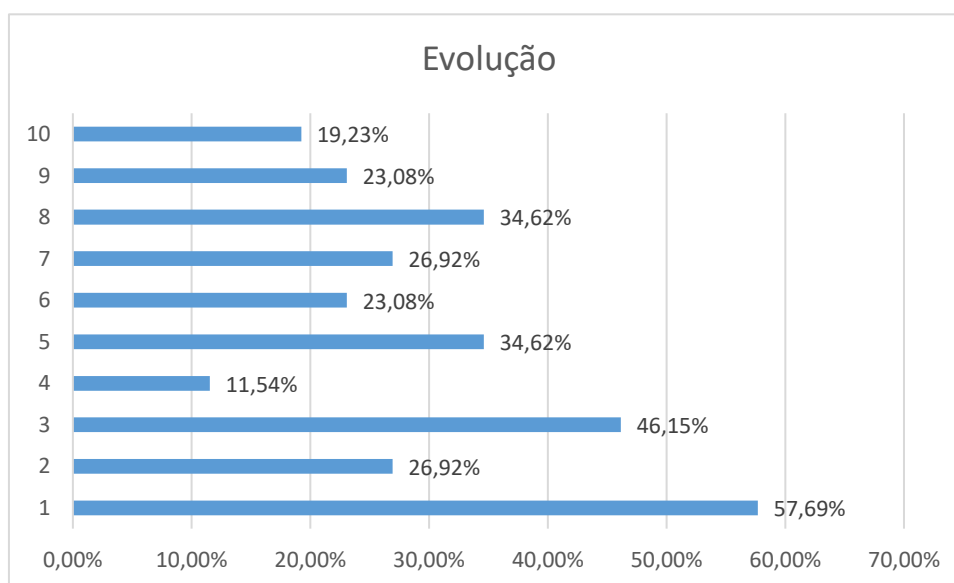


Figura 40 : Gráfico da evolução nas respostas 2.

Mais uma vez, na tabela 11, encontra-se representado pela letra A o questionário correspondente ao momento anterior a serem visualizados os meios e apoio e D ao momento após a sua visualização. Analisada a tabela 11 pode-se concluir que, tal como na primeira experiência, em todas as perguntas houve um aumento na percentagem de respostas certas depois de fornecidos os meios desenvolvidos. Continuam, no entanto, a existir alguns conceitos que não foram suficientemente bem explícitos para os alunos.

De seguida, será feita uma análise pormenorizada das respostas dadas pelos alunos a cada pergunta individualmente com a ajuda de gráficos de barras para uma mais fácil visualização da evolução. Tal como no conjunto anterior de gráficos, representados nas figuras 41, 42 e 43, as colunas a azul representam a percentagem de respostas corretas antes de fornecidos os meios de apoio e as colunas a cinzento representam a percentagem de respostas corretas depois de visualizados os meios audiovisuais explicativos.

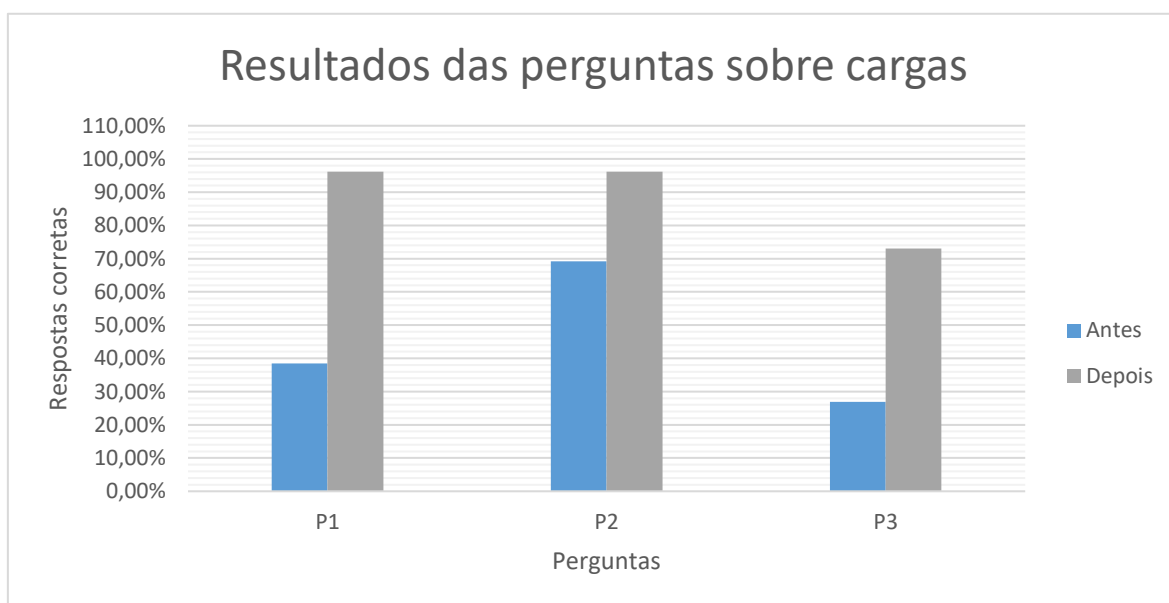


Figura 41 : Gráfico de resultados das perguntas sobre cargas 2.

A figura 41 representa as respostas corretas obtidas nas três primeiras perguntas do questionário, antes e depois de disponibilizados os meios desenvolvidos.

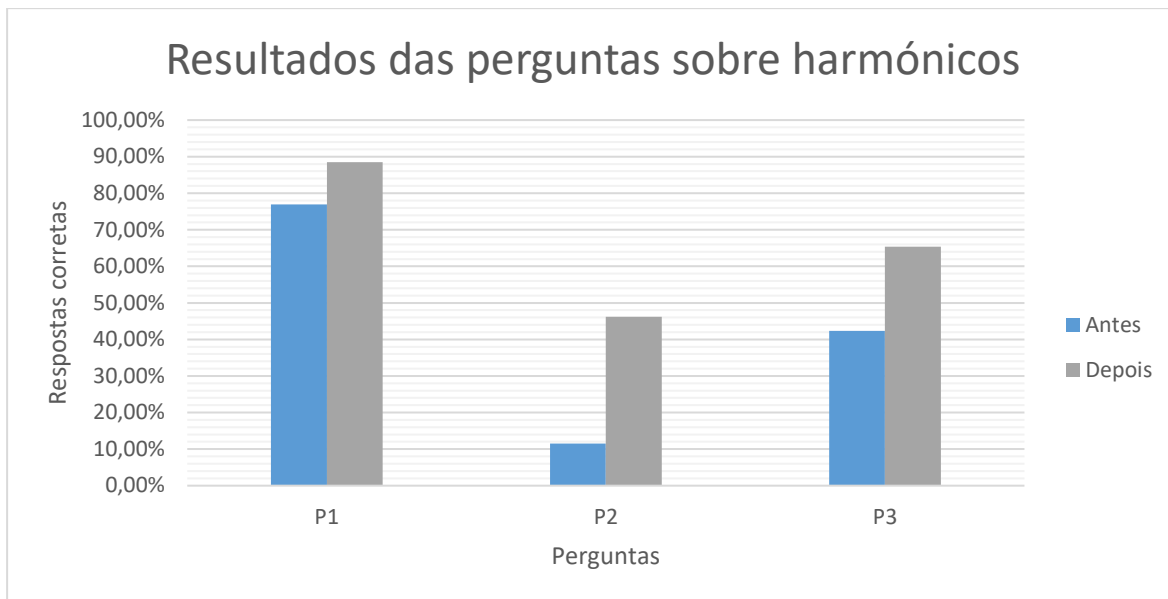


Figura 42 : Gráfico de resultados das perguntas sobre harmônicos 2.

A figura 42 representa as respostas corretas obtidas nas perguntas 4, 5 e 6 do questionário, antes e depois de disponibilizados os meios desenvolvidos.

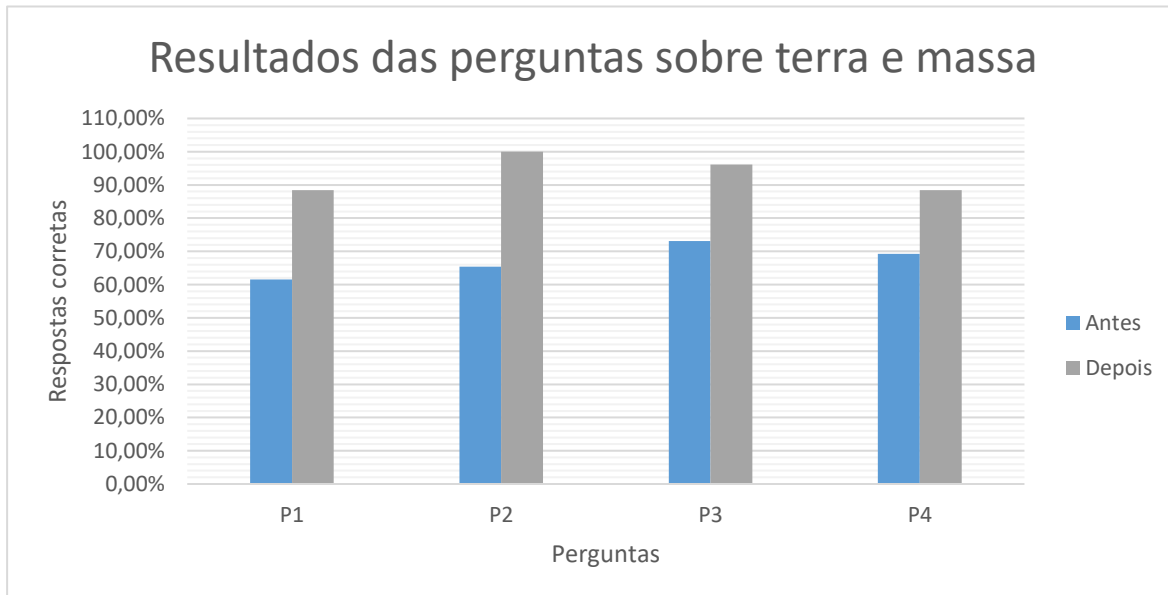


Figura 43 : Gráfico de resultados das perguntas sobre terra e massa 2.

A figura 43 representa as respostas corretas obtidas nas últimas 4 perguntas do questionário, antes e depois de disponibilizados os meios desenvolvidos.

Realmente em todas as perguntas é evidente um aumento de respostas certas depois de fornecidos os meios de apoio. Infelizmente no caso da pergunta cinco (segunda pergunta sobre o módulo relativo ao conceito de harmónico), verifica-se que esta continua com uma percentagem baixa de respostas corretas.

Tal como aconteceu com o primeiro grupo de alunos que realizou esta experiência, esta é uma pergunta com a qual também os alunos do terceiro ano da licenciatura se debateram. Recordando o que aconteceu com o primeiro grupo de alunos, estes sugeriram uma melhoria neste ponto, uma vez que no vídeo não era dito claramente que o THD representa o somatório de todas as componentes da forma de onda original, não considerando a fundamental. O vídeo deixava a dúvida se seria para considerar a fundamental ou não. No entanto, essa crítica foi tida em conta e foi feita a alteração no vídeo para que fosse claro que a onda fundamental não é considerada neste somatório, inclusive a gravação diz claramente isso. Ou seja, mesmo sendo dito claramente a resposta à pergunta 5 no vídeo, os alunos continuam a manter a resposta errada. Ainda assim, houve uma melhoria de cerca de 34% o que apesar de ser pouco leva a crer que alguns alunos estavam mais atentos e ouviram a explicação. No entanto importa referir mais uma vez que a geração de alunos atual é claramente mais vocacionada para a imagem o que pode ser a explicação para esta tão baixa percentagem de respostas corretas uma vez que a imagem exemplo de um espectro harmónico utilizado no segundo vídeo poderá não ser a ideal e mais esclarecedora.

É importante ainda referir que o tema com mais sucesso em termos de perguntas corretas é o terceiro tema não havendo muito espaço para melhorias mas mesmo assim com algum aumento do número de respostas certas. No que respeita aos dois primeiros temas verifica-se que, apesar de serem temas tão da base da eletrónica, existem poucos conhecimentos sobre eles e que depois dos vídeos os alunos ficaram com algumas ideias mais claras. Exemplo disto mesmo é o caso da primeira pergunta do questionário onde a percentagem de respostas corretas passa de 38,5% para 96% o que é realmente muito positivo (melhoria de 57,5%). Pode-se também destacar a pergunta número três que obteve um aumento de 46,1% de respostas corretas, que mesmo não sendo um valor tao alto como desejado é a

pergunta com o segundo valor mais alto de evolução positiva como se pode ver na figura 40.

No final da sessão houve novamente espaço para uma pequena discussão onde os voluntários puderam dar as suas opiniões quanto aos vídeos que tinham acabado de ver. Esta é uma parte muito importante para este trabalho e que permite ouvir na primeira pessoa aquilo que o público-alvo tem a dizer sobre a utilização deste tipo de meios.

Alguns alunos foram de opinião que com este tipo de meio se torna mais “*fácil de aprender*” uma vez que utiliza “*palavras fáceis*” e é bastante “*explícito*”. Os alunos deram valor ainda à sintetização dos conceitos que, apesar de tudo, conseguiram ser explicados de uma forma detalhada.

Foi ainda referido que é um bom método para explicar conceitos básicos a qualquer pessoa por serem tão simples, mesmo não sendo da área da eletrónica. Acharam positiva a iniciativa deste trabalho referindo que os ajudou a recordar temas estudados no primeiro ano da licenciatura.

Também foi referido como ponto positivo o facto de associar a uma imagem (PowerPoint) uma voz que faça com que o raciocínio seja mantido e acompanhado por quem visualiza do vídeo.

Quanto a aspetos menos conseguidos é importante salientar o comentário de um dos alunos que, apesar de ser a favor da utilização deste tipo de material de apoio, salientou a importância do professor, a necessidade da existência que uma pessoa que possa dar mais exemplos, que possa voltar a explicar de uma outra forma. Este comentário requer uma pequena reflexão sobre algo que já foi mencionado neste trabalho, a importância da relação professor-aluno. Esta, tal como foi dito, é muito importante aos olhos dos alunos, uma vez que estes veem o professor como alguém que tem o conhecimento e que os pode orientar nos seus estudos. O professor é a personificação do conhecimento, ora num vídeo apenas existe uma “*voz sem cara*” daí a necessidade da intervenção do professor no processo de aprendizagem dos alunos. Daqui pode-se concluir que os alunos não estão preparados para abdicar dos professores.

Este tipo de meios não devem nunca ser vistos como um substituto do professor, ou uma forma de substituir as aulas mas sim como um elemento complementar no processo de ensino. A intensão deste trabalho nunca foi uma eventual substituição do professor até porque este é o elemento mais importante no processo de ensino, i.e., é a pessoa detentora do conhecimento.

Uma aluna foi de opinião que os vídeos estavam simples de mais e que deveriam ter uma linguagem mais técnica mas foi contradita por um número significativo de colegas seus que, interrompendo-a, disseram que esse era precisamente o fator que fazia destes vídeos diferentes de tudo o que conheciam e que por esse motivo se tornavam uma forma eficaz de chegar aos alunos.

No entanto é possível compreender o comentário desta aluna, uma vez que se trata de uma aluna de terceiro ano já com mais maturidade técnica e para alguém com estas características um meio de apoio mais técnico e completo seria o ideal. Daqui pode-se concluir que os meios desenvolvidos neste trabalho sejam talvez mais indicados para os alunos mais novos, que estão a começar a aprender conceitos da eletrónica e que, por isso, devem ficar bem claros logo no primeiro ano da licenciatura para que depois, chegando ao terceiro ano não existam tantas respostas erradas como foi o caso com este segundo grupo de alunos.

Como sugestões de melhoria para o futuro, os alunos focaram alguns pontos como por exemplo a qualidade de algumas imagens usadas nos vídeos que estariam um pouco desfocadas para os alunos mais distantes do projetor. Este é um ponto técnico que pode não ter só que ver com a imagem utilizada mas também com a tela ou ecrã onde está a ser vista. No entanto deve ser tomado este comentário em consideração se existir a oportunidade, no futuro, de melhorar os meios desenvolvidos.

Ainda nesta área mais técnica do desenvolvimento dos vídeo, em alguns momentos a gravação da voz sofre algumas alterações devido a problemas técnicos com o microfone utilizado e falta de um eventual estúdio adequado para gravação do guião dos vídeos, este é também um ponto que pode ser melhorado no futuro.

Um dos alunos voluntários sugeriu ainda a elaboração de uma *playlist* onde estivessem agrupados os vários módulos de forma a ser possível visualiza los sem ter de mudar de módulo, apenas para agilizar o processo de apresentação.

No final também o Prof. António Gomes deu o seu parecer sobre os vídeos apresentados e referiu um ponto muito importante no terceiro módulo. No módulo 3 é feita uma explicação simples da função do elemento terra numa instalação e para tal é necessário referir a existência e princípio de funcionamento de um disjuntor diferencial, que, apesar de não ser o objetivo do vídeo, é importante ter presente para perceber como é que este atua. Essa explicação não é feita no vídeo mas, no entanto, a sugestão do professor foi a de que se adicione um slide onde se coloque a explicação do princípio de funcionamento deste elemento ou, alternativamente, se indique no início da apresentação quais os conceitos necessários à compreensão da explicação que será apresentada.

Esta foi uma observação que ainda não tinha sido feita mas temos por muito pertinente dado que o que acontece com esta falha é que o aluno quando está a ver o vídeo e a acompanhar o raciocínio, irá deparar-se com um conceito que desconhece, levando à interrupção do processo de concentração, invertendo o propósito destes meios.

No decorrer desta segunda sessão de tentativa de validação dos meios desenvolvidos notou-se uma pequena diferença entre o tempo que os alunos demoraram a responder aos questionários antes e depois dos vídeos. Para tal decidiu-se ter em conta esse fator na terceira e última sessão de validação utilizando um cronómetro.

TERCEIRA SESSÃO

O terceiro momento de tentativa de validação pedagógica através do mesmo método, contou com a participação de um grupo de 26 voluntários do primeiro ano do Mestrado na mesma área. Esta foi uma decisão arriscada, não só por serem alunos, a partida com mais conhecimentos, mas também por se tratarem de alunos com mais maturidade técnica na área. Ainda assim foi feita a experiência e foram obtidos os resultados apresentados na tabela 12 e gráficos das imagens 44, 45, 46 e 47

Tabela 12 : Respostas corretas (%) na sessão3.

P1		P2		P3		P4		P5		P6		P7		P8		P9		P10	
A	D	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D	A	D
53,9	88	57,7	100	35	73,1	53,9	88	23	38,5	54	65,4	61,5	69	54	96	35	92	62	85

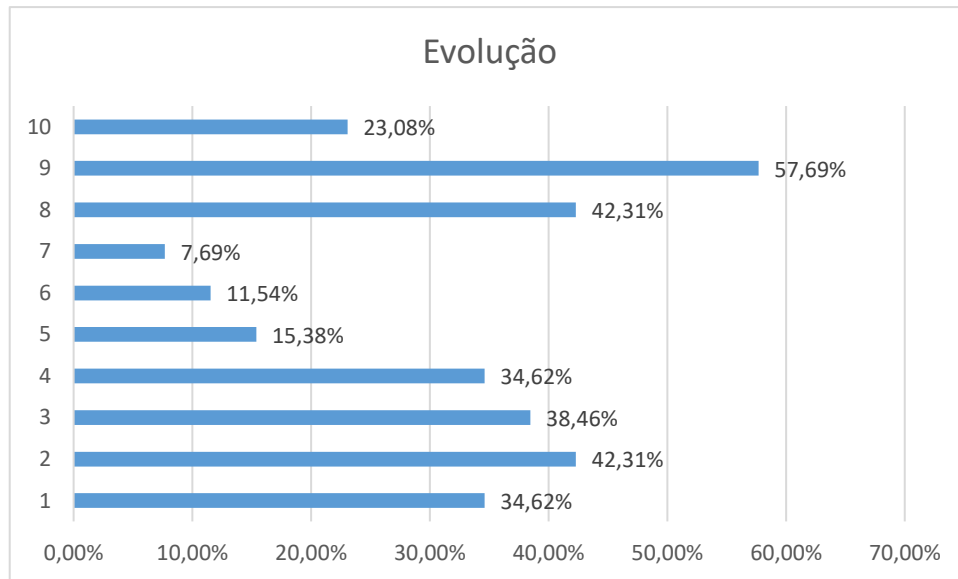


Figura 44 : Gráfico da evolução nas respostas 3.

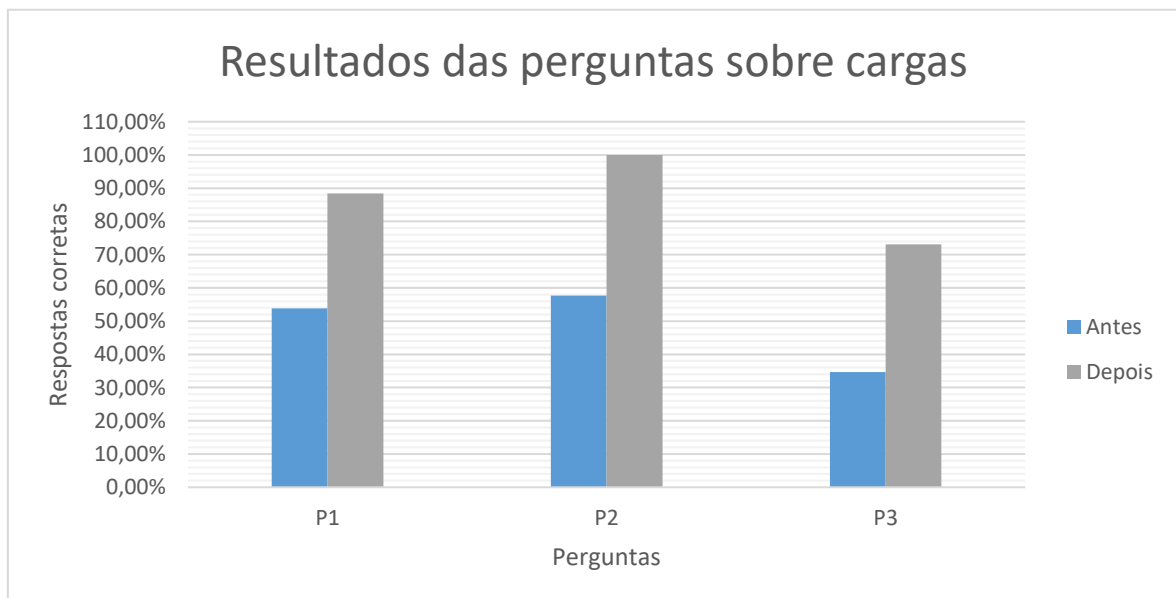


Figura 45 : Gráfico de resultados das perguntas sobre cargas 3.

A figura 45 representa as respostas corretas obtidas nas três primeiras perguntas do questionário, antes e depois de disponibilizados os meios desenvolvidos.

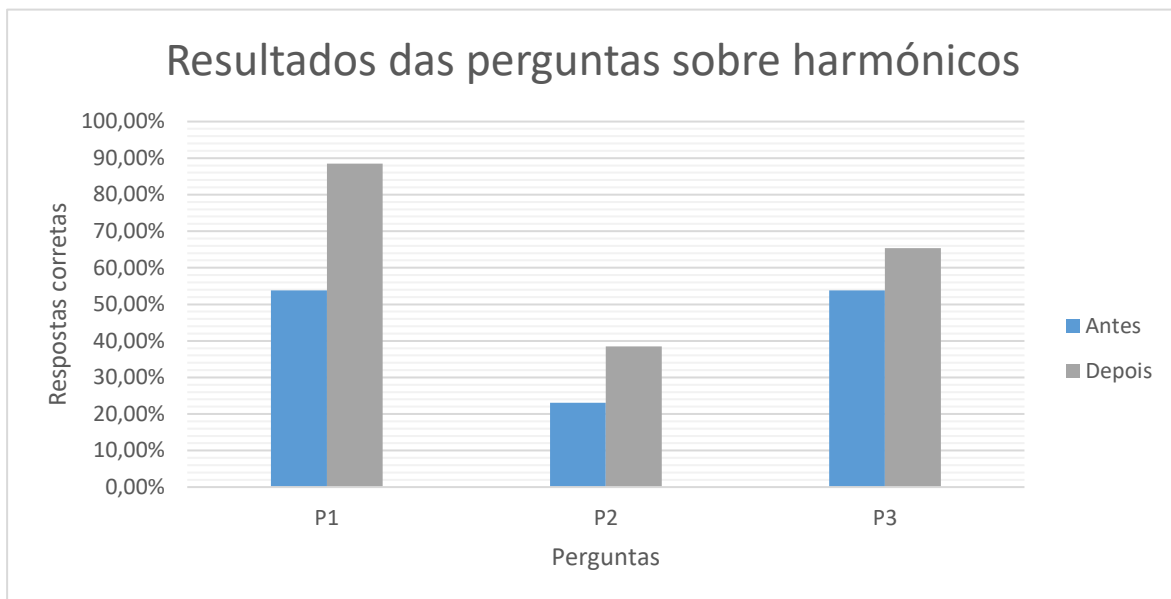


Figura 46 : Gráfico de resultados das perguntas sobre harmônicos 3.

A figura 46 representa as respostas corretas obtidas nas perguntas 4, 5 e 6 do questionário, antes e depois de disponibilizados os meios desenvolvidos.

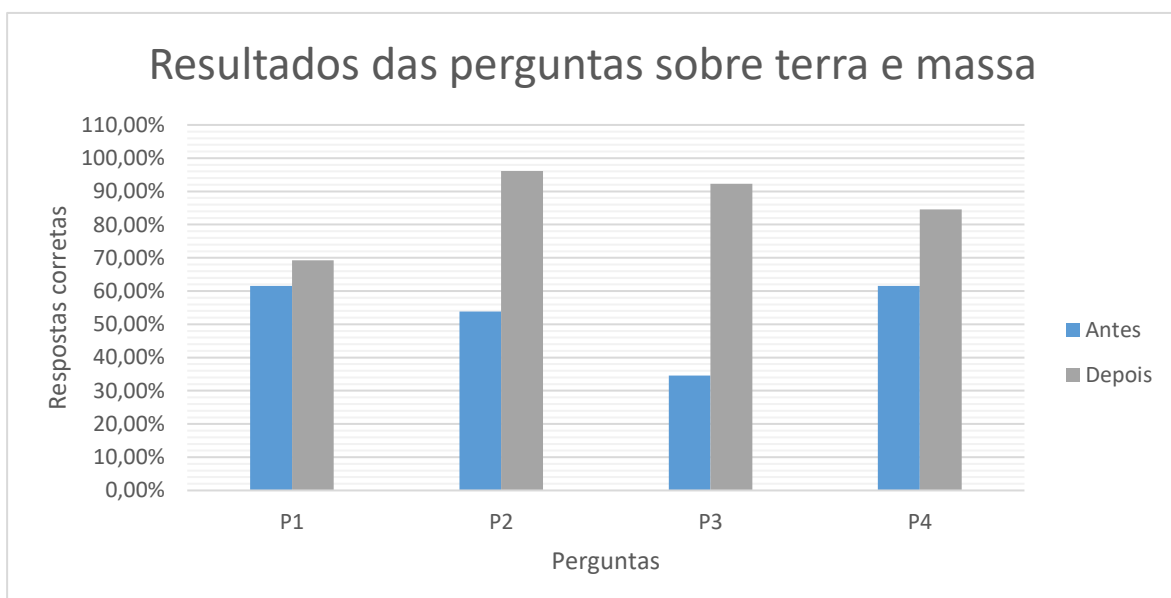


Figura 47 : Gráfico de resultados das perguntas sobre terra e massa 3.

A figura 43 representa as respostas corretas obtidas nas últimas 4 perguntas do questionário, antes e depois de disponibilizados os meios desenvolvidos.

Neste terceiro grupo de alunos mais velhos e mais experientes notou-se, através da análise das suas respostas aos questionários, mais uma vez uma grande lacuna nos seus conhecimentos sobre estes conceitos básicos, o que é realmente preocupante. Ainda assim estes foram o grupo de alunos com melhores resultados.

Mais uma vez a pergunta com menos sucesso, tanto antes como depois de fornecidos os meios desenvolvido, é a pergunta cinco sobre o THD que, para além de ter uma baixa percentagem de respostas certas teve também uma evolução positiva muito reduzida (15,38%). Tal como aconteceu com os dois primeiros grupos esta foi uma questão que não ficou muito clara pois não houve oportunidade de melhorar a imagem do vídeo de uma sessão para a outra. Trata-se, no entanto, de um ponto a melhorar no futuro dos meios a desenvolver.

Para além dos resultados do questionário, mais uma vez os alunos tiveram oportunidade de dar a sua opinião quanto a utilização deste tipo de meios e dos que acabaram de ver. Foi de opinião geral que este tipo de objetos de aprendizagem são uma mais-valia no processo de ensino uma vez que foram “*esclarecedores*” e utilizaram “*uma linguagem mais simples*” do que aquela a que estão habituados a ouvir do professor ou em outros meios de apoio.

Um dos alunos gostou particularmente do facto de ter visto nos vídeos definições curtas e objetivas como nunca tinha encontrado antes. Isto para os alunos é algo muito importante uma vez que o tempo de concentração dos jovens é agora bastante reduzido daí a importância da utilização de frases curtas e diretas.

Outro pormenor importante referido por um dos alunos foi o da vantagem de que estes meios áudio visuais poderem ser repetido tantas vezes quantas as necessárias. No entanto irá sempre repetir a mesma informação e exatamente da mesma forma. Esta observação remete para o comentário de um outro aluno que referiu, tal como no segundo grupo de voluntários, a necessidade da existência do professor, i.e., de alguém que possa eventualmente explicar de uma outra forma ou completar com mais exemplos.

No que diz respeito a algumas críticas negativas estas também existiram e foram tidas em conta de uma forma construtiva e com vista a melhorar no futuro. Alguns alunos foram de opinião que os vídeos deveriam ter mais animações, ou seja, imagens com movimento, ou sempre que no vídeo se faz referência a algum pormenor evidenciá-lo com outra cor ou com algum elemento que chame a atenção para esse ponto no slide. No entanto outros alunos tem outra opinião no que diz respeito ao movimento, pois demasiado movimento pode promover a desconcentração do objetivo principal do vídeo. Deverá existir aqui um meio-termo que não torne o meio nem demasiado monótono nem com movimento em excesso.

Dois dos alunos acharam que os *smiles* deveriam ser retirados dos vídeos pois os desconcentrariam do objetivo principal, no entanto estes foram usados propositadamente. Os *smiles* foram usados com o propósito de marcar de alguma forma a memória dos alunos para que se lembrem do “vídeo dos *smiles*” sobre harmónicos. Esta constituiu uma forma de marcar visualmente o objeto de explicação mas trata-se ainda de um tema de controvérsia.

Para além do que já foi referido é importante ainda refletir sobre a complexidade dos meios desenvolvidos. Alguns alunos foram de opinião que estariam simples demais e, por isso, não-adequados a um aluno do primeiro ano de mestrado mas sim aos alunos que estivessem a iniciar o seu percurso. Este comentário parece à partida ter fundamento uma vez que um aluno a frequentar um mestrado teria já os conceitos básicos perfeitamente claros. No entanto o estudo feito ao longo deste trabalho revelou que esta não é a realidade. Mesmo os alunos em anos mais avançados revelam ainda muitas lacunas sobre conceitos básicos. No entanto, se realmente estes meios fossem disponibilizados aos alunos dos primeiros anos da licenciatura, acreditamos que talvez não houvesse a necessidade de os mostrar mais tarde, pois os alunos já os teriam mais claros desde o início.

ANALISE CONJUNTA DE RESULTADOS

Se os três grupos forem comparados em termos de perguntas com percentagem negativa, ou seja, abaixo de 50%, de respostas corretas obtém-se a tabela 13.

Tabela 13 : Respostas com percentagem negativa.

	<i>Grupo 1</i>	<i>Grupo 2</i>	<i>Grupo 3</i>
<i>Antes</i>	8	4	3
<i>Depois</i>	2	1	1

Da análise da tabela 13 pode-se concluir que o terceiro grupo teve o menor número de perguntas com percentagem negativa de respostas corretas antes de visualizar os meios de apoio o que quando comparado com o número de perguntas com percentagem negativa de respostas certas do primeiro grupo mostra um maior conhecimento dos alunos. Pode-se verificar uma evolução positiva quando comparados os três diferentes grupos de alunos.

Foi feita uma pequena análise ao número de questionários com todas as respostas certas e mais uma vez o resultado obtido ficou muito longe do esperado inicialmente. Como se pode concluir da análise à tabela 14, em 59 alunos inquiridos apenas 13 foram os que responderam corretamente a todas as perguntas do questionário, ou seja, uma pequena percentagem de 22% da população.

Tabela 14 : Numero de questionários completamente certos.

	<i>Grupo 1</i>	<i>Grupo 2</i>	<i>Grupo 3</i>
<i>Total alunos</i>	7	26	26
<i>Testes 100%</i>	2	7	4

No entanto existe um elemento a ter em conta nesta análise que, este sim, pode ter alguma influência. Na segunda sessão de tentativa de validação notou-se uma diferença no tempo que os alunos usaram para responder aos questionários tendo ficado a ideia que teriam demorado menos tempo no segundo questionário. Ora para testar se realmente assim foi,

na terceira sessão os tempos foram cronometrados e realmente confirmou-se a percepção inicial. Fez-se uma primeira medição onde se verificou que os alunos demoraram entre 4 minutos a 4 minutos e 45 segundos a terminar o questionário já na medição feita no segundo momento os alunos foram um pouco mais rápidos terminando de responder a todas as perguntas em 2 a 3 minutos e meio.

Estes resultados revelam que os alunos foram mais assertivos nas suas respostas, apesar de ainda assim o número de respostas certas não ter sido tao elevado como se esperava. Sentiram-se assim mais confiantes com as suas decisões o que pode ter sido influência da explicação ouvida. Apesar de tudo, todas as perguntas obtiveram um maior número de respostas certas depois de fornecidos os vídeos quando comparadas com o momento anterior. Consideramos que foi muito positivo e mostra que os vídeos de alguma forma foram uma mais-valia para os alunos. Alguns comentários feitos incluíram frases como *“muito uteis”*, *“esclarecedores”* e *“com os quais se torna mais fácil aprender”*.

Estas foram experiências muito enriquecedoras pois está a ser desenvolvido trabalho para alunos sem os quais não seria possível conseguir algo pedagogicamente adequado. No processo de procura de métodos mais eficazes de ensino, o elemento-chave e que deve estar sempre na base de todas as decisões é o aluno.

Todos estes comentários dos alunos que se voluntariaram a responder aos questionários foram uma mais-valia para este trabalho, uma vez que, por um lado, confirmaram em parte a validade dos meios desenvolvidos e, por outro, foram uma ajuda fundamental na melhoria. Evidentemente que existem ainda muitos pontos onde podem ser melhorados para irem ao encontro das necessidades dos alunos.

10. CONCLUSÕES

Com a entrada em vigor do Processo de Bolonha várias foram as alterações com que todo o corpo docente e até mesmo o mundo profissional se depararam. A principal e mais conhecida mudança foi no encurtamento da duração das licenciaturas, que passaram de 5 a 3 anos, o que exigiu um total reestruturação dos planos dos cursos, o que levou a uma diminuição das horas de contacto entre professor e alunos. No entanto mantém-se a questão se seria possível, mesmo com essa reestruturação, formar os alunos com o mesmo nível de conhecimento.

Depois de alguma análise realmente concluiu-se que com o este encurtamento os conceitos tendem a ser abordados de uma forma mais rápida e mais focalizada. Decorrente deste facto temo-nos deparado com algumas lacunas nos conhecimentos básicos dos recém-licenciados.

No entanto, e uma vez que atualmente dispomos de informação à distância de poucos segundos em qualquer local, sabe-se que a geração atual de estudantes tem bastante facilidade em utilizar meios de pesquisa rápida. Esta poderá ser, sem dúvida, uma

possibilidade para colmatar as limitações decorrentes da diminuição de tempo dedicado a aulas e à relação professor-aluno.

Esta é uma relação muito importante na ótica dos alunos dado que estes valorizam uma boa relação com o docente. O entusiasmo pessoal do professor que deve ter por base um bom planeamento e metodologia adequada, de maneira a conseguir o entusiasmo do aluno também é, para os alunos, fundamental para um bom ambiente de ensino.

Deve também ser tida em conta, nesta relação professor-aluno, a importância de adaptar o processo de ensino ao contexto atual dos estudantes, como tal neste trabalho foram desenvolvidos meios de apoio a esta relação. Por este motivo os meios desenvolvidos consistem em vídeos explicativos realizados com a ajuda das TIC.

Antes de percebermos se realmente esta opção da utilização de uma nova tipologia de meios de apoio ao ensino seria realmente uma mais-valia, foi feita uma análise e posterior classificação de outros já existentes, nomeadamente *sites* de língua portuguesa e de língua inglesa e também alguns conjuntos de slides. Estes revelaram-se pouco claros e com lacunas de informação. *Sites* como o *wikipedia* revelaram-se dos menos completos e claros, o que, á partida, não seria de esperar uma vez que se trata de uma plataforma com muita informação e consultada por todos os alunos.

Existe uma ligeira melhoria entre os *sites* de língua inglesa quando comparados com os portugueses mas não muito significativa. No entanto quando analisados alguns conjuntos de slides em formato *PowerPoint* estes revelam uma maior qualidade da informação e apresentam os conceitos de uma forma mais precisa. Este facto mostra um maior trabalho no seu desenvolvimento mas também a necessidade de síntese de quem os desenvolve, dado que se trata de uma ferramenta de apoio a apresentações, levando a que se coloque na área de trabalho apenas a informação mais relevante.

Feita esta primeira análise concluiu-se que seria necessário desenvolver meios audiovisuais que fossem ao encontro das necessidades dos alunos, de forma a tentar colmatar algumas lacunas no domínio de três conceitos considerados muito importante da eletrónica, como é o caso dos conceitos de carga, harmónico, terra e massa. Como se sabe, estes atualmente preferem aceder a informação de uma forma rápida.

Os três vídeos desenvolvidos são dirigidos para os alunos que procuram respostas para as suas dúvidas ou até mesmo para apoio dos docentes nas aulas. Para tal foi feita uma explicação muito simples utilizando linguagem muito acessível mas ao mesmo tempo transmitindo informação obviamente correta. Tentou-se não utilizar um tom de voz monocórdico para não tornar os vídeos cansativos para quem os visualiza.

É certo que os meios desenvolvidos não são perfeitos, conclusão que se pôde retirar pela validação dos mesmos. Esta consistiu na realização de um questionário com perguntas simples sobre os conceitos apresentados nos vídeos desenvolvidos antes de os visualizar e, depois de os fornecer, foi realizado um segundo questionário. Com este processo foi possível validar a hipótese da utilização destes meios de apoio uma vez que houve um evidente aumento do número de respostas certas às perguntas do questionário após visualizar os meios.

No entanto houve ainda algumas questões mal respondidas o que revela que algumas explicações não ficaram ainda claras para os alunos. Esses foram pontos que mereceram toda a atenção e que foram já melhorados nos meios apresentados. Ainda assim, depois de efetuadas essas melhorias foram apresentados os vídeos a mais 2 grupos de alunos e continuaram a ter, em grande parte, as mesmas dificuldades encontradas pelo primeiro grupo o que leva a concluir que a matéria correspondente a essas perguntas não está ainda claramente apresentada nos meios desenvolvidos.

Os alunos questionados tiveram a oportunidade de partilhar as suas opiniões quanto aos vídeos a que assistiram o que foi muito gratificante. Foi de opinião geral que os vídeos foram muito “*claros e precisos*” e que os ajudaram a melhor entender conceitos que não tinham bem clarificados. Estes comentários tiveram grande valor para o presente trabalho uma vez que era em busca precisamente deste tipo de reação que este trabalho tinha como objetivo principal.

Realmente perde-se bastante tempo a investigar quais as melhores tecnologias a utilizar quando se deveria investigar exatamente como usar a tecnologia para promover os processos de aprendizagem. Aqui comprovou-se que a utilização de palavras juntamente com imagens, como uma forma de animação narrada funciona melhor que somente palavras.

No futuro uma plataforma como o YouTube deverá ser a verdadeira revolução na educação. Coloca-se então a questão da necessidade ou não do professor. Pois bem, o papel fundamental do professor não é simplesmente *entregar* informação mas sim ser orientador do processo social de aprendizagem. A função do professor é inspirar, desafiar e entusiasmar os alunos para que estes queiram aprender. É lógico que o professor também explica e demonstra, mas o mais importante é fazer com que todos os alunos se sintam importantes e faze-los sentirem-se responsáveis pela sua aprendizagem.

A utilização de tecnologia não veio revolucionar o ensino mas sim evolui-lo e, apesar de dever ser usado na educação, a interação social entre professor e alunos é ainda um fator muito importante no processo de ensino.

Este trabalho foi muito importante tanto para o docente como para o discente. Para além do trabalho realizado, fica agora uma maior riqueza de conhecimento da outra parte. Tal compreensão apenas se torna possível através da colaboração professor-aluno. Este tipo de colaboração deverá ser incrementado dado que se atravessa uma época em que temos cada vez menos alunos para as áreas de engenharia.

TRABALHO FUTURO

Deste trabalho resultará a publicação de um artigo com os resultados obtidos através do trabalho desenvolvido. Apenas não foi ainda submetido dado a atualidade dos resultados obtidos.

Quanto aos meios desenvolvidos neste trabalho será de enorme importância continuar o trabalho aqui iniciado. Seria muito importante, no futuro, a realização de novas avaliações bastante mais alargadas feitas não só por um aluno mas por um maior grupo de estudantes para, dessa forma ser possível a obtenção de uma visão mais abrangente daquilo que é valorizado por eles e assim desenvolver melhores e mais adaptados meios de apoio ao ensino de engenharia.

Referências Documentais

- [1] Felgueiras, C., Fidalgo, A., Viegas, C., Alves, G., “High order experimental skill’ gap identification – the need to reshape electronics teaching”, TAAE, 2014.
- [2] Heitmann, G. “Challenges of engineering education and curriculum development in the context of the Bologna process”, European Journal of Engineering Education, 30(4), pp.447-458, 2005.
- [3] Klemeš, J.J., Kravanja, Z., Varbanov, P.S., Lam, H.L. “Advanced multimedia Engineering Education in Energy”, Applied Energy, 101, pp.33-40, 2013.
- [4] Cheng, Y. “New Paradigm for Re-engineering Education: Globalization, Localization, Individualization”, Springer Netherlands, Dordrecht, 2005.
- [5] Gattie, D. K. ; Kellam, N. N. ; Schramski, J. R. ; Walther, J. “Engineering education as a complex system”, European Journal of Engineering Education, 36(6), pp.521-535, 2011.
- [6] <https://www.youtube.com/watch?v=GEmuEWjHr5c>
- [7] Moran, J., “Mudar a forma de ensinar e de aprender”, 2000.
- [8] <http://www.dges.mctes.pt/DGES/pt/Estudantes/Processo+de+Bolonha/Processo+de+Bolonha/>
- [9] Almeida, J., Formação superior sem fronteiras na engenharia através da mobilidade académica entre Brasil e Portugal, 2013.
- [10] https://repositorio.utad.pt/bitstream/10348/2273/1/MsC_cssferreira.pdf
- [11] Pereira, D., A Avaliação das Aprendizagens no Ensino Superior na perspetiva dos estudantes. Um estudo exploratório., 2011.
- [12] Carrasqueira, H., Ensino superior — um equívoco chamado Bolonha?, 2015.
- [13] <http://sociedade-civil.blogspot.pt/2011/02/bolonha-foi-um-erro.html>
- [14] Preciosa “O processo de Bolonha no seu terceiro ano de existência”, 2009.

- [15] Carlinda “O exercício docente na sua relação com a reforma universitária de corrente do processo de Bolonha: o que dizem os professores da Universidade do Porto”, 2014.
- [16] Sandra “O Processo de Ensino-Aprendizagem e a Relação Professor-Aluno”, 2001.
- [17] Santos, Sandra Carvalho dos. “O processo de ensino-aprendizagem e a relação professor-aluno: aplicação dos sete princípios para a boa prática na educação de ensino superior”. *Caderno de Pesquisas em Administração*, v.8, n.1, p. 69-82, 2001.
- [18] Castro “As relações de compreensão entre o sujeito aluno e o sujeito professor no processo de ensino-aprendizagem”, 2008.
- [19] Teixeira, G., *O estado da arte da aprendizagem centrada no aluno em administração*, 1985.
- [20] Puga, R.M., *Escola nova e escola tradicional – Reflexões por entre rupturas e continuidades*, 2001.
- [21] <http://www.uni.edu/fabos/publications/wrongturnch.1-history.pdf>
- [22] <https://prezi.com/esb-kxapq2j9/the-future-of-education/>
- [23] Clovis, A., “Learning Objects for Demanding Themes in Electronics Teaching”, 2016.
- [24] Ferreyra, D. M. “Phasor Representation and Time- Domain Plot of Distorted Waveforms”, May 21, 2012. [Online]. Available: <http://demonstrations.wolfram.com/PhasorRepresentationAndTimeDomainPlotOfDistortedWaveforms/>. [Accessed: Dec. 15, 2015].
- [25] <http://www.cieti.isep.ipp.pt/laboris/>
- [26] http://www.cieti.isep.ipp.pt/laboris/index.php?option=com_content&view=article&id=6&Itemid=10&lang=pt
- [27] Cohen, L., Manion, L., Morrison, K. “Research Methods in Education”, 6th ed., Routledge, Taylor & Francis Group, London and New York, 2007.
- [28] Barros, C., “Desenvolvimento de meios para o apoio/ensino de aprendizagem de influência das cargas não lineares na rede”, 2015.
- [29] Fernandes, Ricardo A. S. “Identificação de cargas lineares e não-lineares em sistemas elétricos residenciais usando técnicas para seleção de atributos e redes neurais artificiais”, 2010.

- [30] Dugan, R. C., McGranaghan, M. F., Santoso, S. e Beaty, H. W. (2004). Electrical Power Systems Quality, McGraw-Hill.
- [31] Série de Fourier, Uma abordagem com o Maxima- pbg@isep.ipp.pt
- [32] https://pt.wikipedia.org/wiki/S%C3%A9rie_de_Fourier
- [33] Workshop Instalações Eléctricas de Baixa Tensão, Qualidade de energia Harmônicas- Schneider Electric.
- [34] Cálculo 2, Conceitos, Exercícios e Aplicações- Ana C. Meira Castro, Ana Júlia Viamonte, António Varejão Sousa
- [35] http://www.uff.br/webmat/Calc1_LivroOnLine/Cap01_Calc1.html
- [36] Rocha, H., Estudo do circuito de retificação de onda completa, 2014.
- [37] IEEE Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electric Power System. Project IEEE-519. Outubro 1991.
- [38] Felgueiras, C., Slides “Eletrónica”, 2014-2015.
- [39] Mateus, M., Estudo e Análise de FPAA (Field-Programmable Analog Array), 2015.
- [40] <https://www.youtube.com/watch?v=t12AsU-eP4s>

Anexo A – Questionário

Questionário no âmbito da dissertação de mestrado da aluna:
Maria Helena Pinto Rocha nº1100357



Código aluno: _____

Trabalhador-estudante:

Questionário

Em cada pergunta, por favor seleccione a opção que lhe parece mais correcta. NÃO RESPONDA A MENOS QUE TENHA A CERTEZA DA RESPOSTA.

1. A característica de um componente ou carga corresponde ao espaço geométrico que relaciona:
 - a) a potência consumida versus corrente que a atravessa
 - b) a Tensão aos seus terminais versus corrente que a atravessa
 - c) a tensão aos seus terminais versus temperatura
2. Uma carga é linear se:
 - a) a sua característica for constituída por componentes lineares
 - b) se incluir componentes não lineares
 - c) se incluir componentes lineares e ligados em paralelo
3. Uma carga é linear se quando sujeita a uma tensão sinusoidal apresenta uma corrente resultante:
 - a) Sinusoidal com ou sem desfasamento
 - b) sinusoidal sempre sem desfasamento
 - c) impulsional
4. O conteúdo harmónico:
 - a) Deve ser o maior possível
 - b) Quantifica o afastamento de uma forma de onda sinusoidal em relação à ideal
 - c) Quantifica o afastamento da frequência em relação à ideal
5. O THD representa o somatório de todas as componentes
 - a) da forma de onda original
 - b) da forma de onda original, não considerando a fundamental
 - c) ímpares da forma de onda original, não considerando a fundamental
6. O espectro harmónico corresponde a um gráfico
 - a) de frequências versus amplitudes
 - b) da característica do componente
 - c) da evolução temporal de todas as componentes do sinal
7. Seleccione a opção correcta.
 - a) Todos os sistemas eléctricos tem massa;
 - b) Todos os sistemas tem terra de protecção;
 - c) A massa e a terra de um sistema estão no mesmo ponto;
 - d) A massa e a terra de um circuito podem estar no mesmo ponto.

Questionário no âmbito da dissertação de mestrado da aluna:
Maria Helena Pinto Rocha nº1100337

8. A ligação de terra
- a) é um mecanismo de proteção humana
 - b) é um mecanismo de proteção de equipamentos
 - c) corresponde à referência do circuito
9. O nó de massa
- a) é um mecanismo de proteção humana
 - b) é um mecanismo de proteção de equipamentos
 - c) corresponde à referência do circuito
10. A ligação de massa e a terra num circuito
- a) Não podem coexistir
 - b) Podem coexistir apenas se devidamente separadas
 - c) São conceitos independentes pelo que podem coexistir interligadas ou não
-

PARA RESPONDER APENAS NO QUESTIONÁRIO PÓS-APRESENTAÇÃO

11. Na sua opinião o que pode ser melhorado nos vídeos em que assistiu?

R: _____

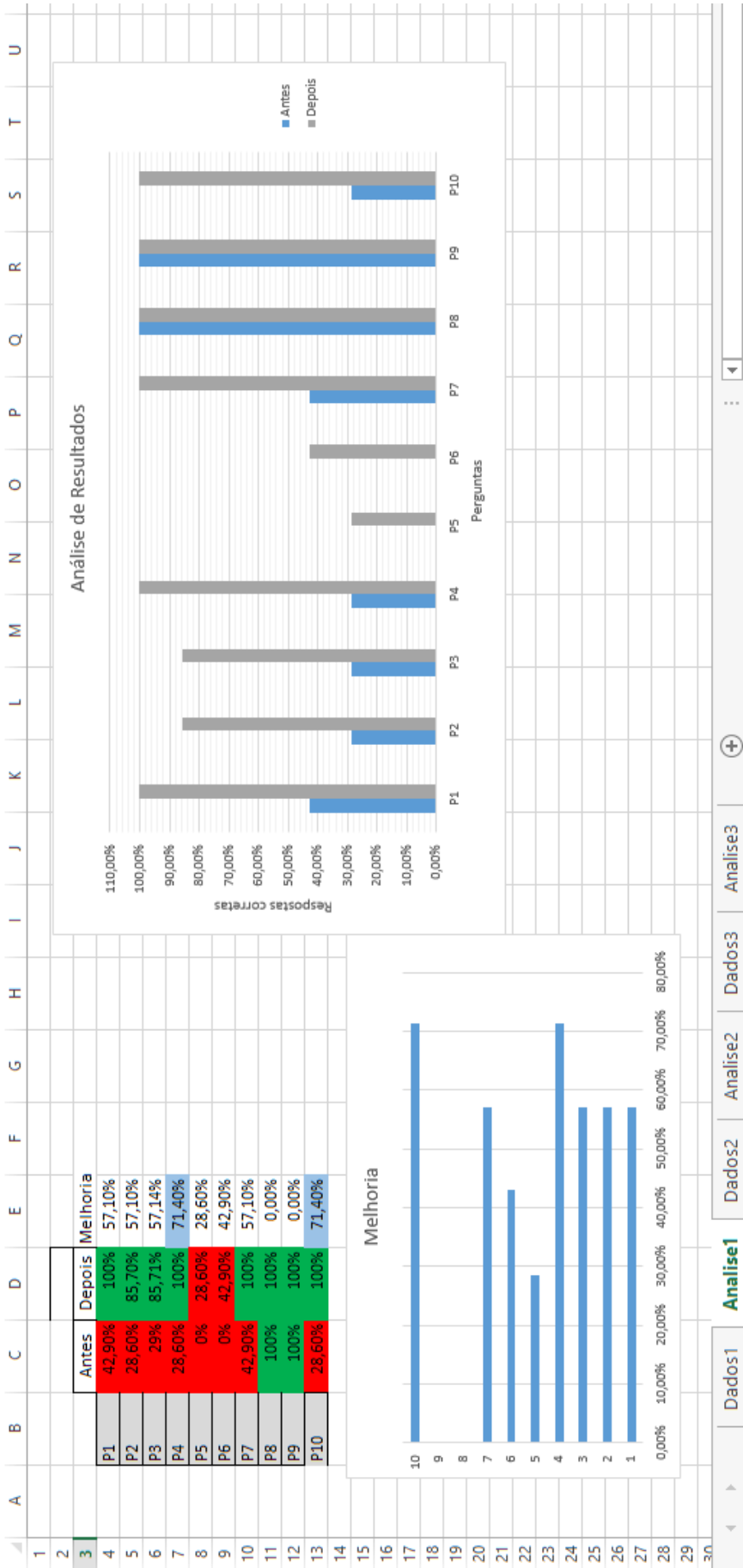
12. O que menos gostou nos vídeos em que assistiu?

R: _____

Obrigada pela sua colaboração! ☺

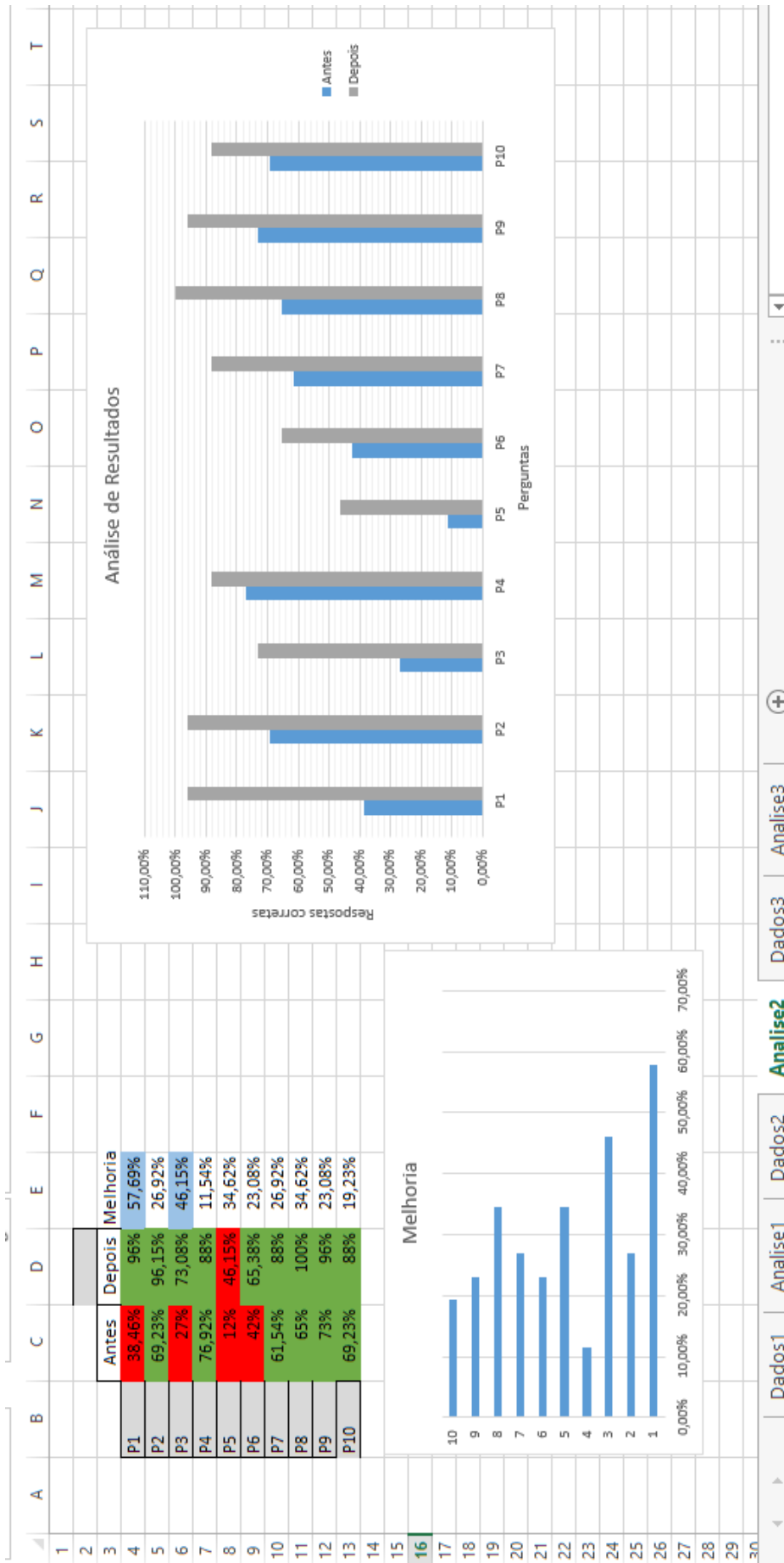
Anexo B- Excel Análise de resultados 1

		Análise de resultados dos questionários																					
		P1		P2		P3		P4		P5		P6		P7		P8		P9		P10			
	Aluno	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois		
1																							
2																							
3	1	Red	Green	Red	Green	Red	Green	Red	Green	Red	Green	Red	Green	Red	Green	Red	Green	Red	Green	Red	Green		
4	2	Red	Green	Red	Green	Red	Green	Red	Green	Red	Green	Red	Green	Red	Green	Red	Green	Red	Green	Red	Green		
5	3	Red	Green	Red	Green	Red	Green	Red	Green	Red	Green	Red	Green	Red	Green	Red	Green	Red	Green	Red	Green		
6	4	Red	Green	Red	Green	Red	Green	Red	Green	Red	Green	Red	Green	Red	Green	Red	Green	Red	Green	Red	Green		
7	5	Red	Green	Red	Green	Red	Green	Red	Green	Red	Green	Red	Green	Red	Green	Red	Green	Red	Green	Red	Green		
8	6	Red	Green	Red	Green	Red	Green	Red	Green	Red	Green	Red	Green	Red	Green	Red	Green	Red	Green	Red	Green		
9	7	Red	Green	Red	Green	Red	Green	Red	Green	Red	Green	Red	Green	Red	Green	Red	Green	Red	Green	Red	Green		
10																							
11																							
12	Corretas	42,90%	100%	28,60%	85,70%	29%	85,71%	28,60%	100%	0%	28,60%	0%	42,90%	42,90%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	28,60%	100%	
13																							
14																							
15																							
16																							
17																							
18																							
19																							
20																							
21																							
22																							
23																							



Anexo C- Excel Análise de resultados 2

AJ13		Análise de resultados dos questionários																				
		P1		P2		P3		P4		P5		P6		P7		P8		P9		P10		
	Aluno	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois	
1																						
2																						
3	1																					
4	2																					
5	3																					
6	4																					
7	5																					
8	6																					
9	7																					
10	8																					
11	9																					
12	10																					
13	11																					
14	12																					
15	13																					
16	14																					
17	15																					
18	16																					
19	17																					
20	18																					
21	19																					
22	20																					
23	21																					
24	22																					
25	23																					
26	24																					
27	25																					
28	26																					
29																						
30																						
31	Corretas	38,46%	96%	69,23%	96,15%	27%	73,08%	76,92%	88%	12%	46,15%	42%	65,38%	61,54%	88%	65%	100%	73%	96%	69,23%	88%	
32																						



Anexo D- Excel Análise de resultados 3

		Análise de resultados dos questionários																				
		P1		P2		P3		P4		P5		P6		P7		P8		P9		P10		
	Aluno	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois	
1																						
2																						
3	1																					
4	2																					
5	3																					
6	4(50)																					
7	5																					
8	6																					
9	7																					
10	8																					
11	9																					
12	10																					
13	11																					
14	12																					
15	13																					
16	14																					
17	15																					
18	16																					
19	17																					
20	18.4184																					
21	19.1983																					
22	20																					
23	21																					
24	22																					
25	23																					
26	24																					
27	25																					
28	26																					
29	26																					
30																						
31	Corretas	53,85%	88%	57,69%	100,00%	35%	73,08%	53,85%	88%	23%	38,46%	54%	65,38%	61,54%	69%	54%	96%	35%	92%	61,54%	85%	
32																						
33																						
34																						

