



Desenvolvimento de um Sistema para Suporte Individualizado Inteligente a Pacientes com Doença Respiratória Obstrutiva Crónica

ANA ISABEL AIRES VIEIRA

Julho de 2019

Desenvolvimento de um Sistema para Suporte Individualizado Inteligente a Pacientes com Doença Respiratória Obstrutiva Crónica

Ana Isabel Aires Vieira

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Informática, Área de Especialização em Engenharia de Software

Orientador: Doutora Maria Goreti Carvalho Marreiros

Co-orientador: Mestre Diogo Emanuel Pereira Martinho

Júri:

Presidente:

Vogais:

Porto, Julho de 2019

Resumo

Ao longo do tempo tem-se verificado um crescimento no número de pessoas afetadas por doenças respiratórias, mais especificamente, doenças respiratórias obstrutivas crônicas (DROC). Extremamente impactantes na vida dos pacientes, estas doenças requerem um acompanhamento constante, algo que, atualmente, é realizado apenas durante as consultas com o profissional de saúde, deixando o paciente desacompanhado no período entre consultas.

As tecnologias de informação têm sofrido uma evolução ao longo dos últimos anos. Esta evolução tem levado ao surgimento de conceitos inovadores, cuja aplicação nos sistemas informáticos leva a uma melhoria da experiência da utilização destes. Um exemplo destes conceitos é o *e-coaching*, cujo objetivo é a adaptação do sistema ao utilizador, resultando numa interação personalizada.

De forma a acompanhar esta evolução, tem-se procurado desenvolver soluções tecnológicas inovadoras, que auxiliem no acompanhamento e tratamento de pacientes.

Neste trabalho é proposto o desenvolvimento de um sistema para o acompanhamento remoto do paciente e suporte à gestão da doença para pacientes com DROC, com recurso a abordagens inovadoras e eficientes, sistemas baseados em regras e *Case-Based Reasoning* (CBR). O sistema proposto é composto por dois módulos: (1) módulo de suporte individualizado inteligente, cujo objetivo é motivar a adoção de comportamentos que beneficiem a saúde do paciente, através da disponibilização de recomendações personalizadas, e (2) módulo de integração, cuja finalidade é a disponibilização dos serviços fornecidos pelo módulo de suporte individualizado aos intervenientes no tratamento das DROC, como o paciente e o profissional de saúde.

Para além do desenvolvimento do sistema acima descrito, o presente trabalho pretende avaliar o impacto do CBR no sistema, a partir da comparação do número de recomendações geradas pelo CBR e do número de recomendações geradas pelo sistema de regras.

A solução desenvolvida para o trabalho proposto é composta pelos dois módulos, de suporte individualizado e de integração, permitindo a geração e disponibilização de recomendações adequadas ao estado clínico de cada paciente.

A partir da solução desenvolvida foi possível realizar o estudo relativo ao impacto do CBR no sistema, tendo-se concluído que a utilização do CBR resulta na geração de um maior número de recomendações, em comparação com a utilização de sistemas baseados em regras.

Palavras-chave: Doenças respiratórias obstrutivas crônicas, *E-coaching*, Sistemas baseados em regras, *Case-Based Reasoning*

Abstract

Over time there has been an increase of the number of people affected by respiratory diseases, specifically, chronic obstructive respiratory diseases (CORD). Extremely impactful in patients' lives, these diseases require frequent monitoring, which is, currently, only done during consultations with their health professional, leaving the patient unattended during the period between consultations.

The evolution of information technologies in recent times has led to the appearance of innovative concepts, whose application in computer systems leads to an improvement of the user experience. An example of these concepts is e-coaching, whose main goal is the adaptation of the system to the user, resulting in a personalized interaction.

In order to follow this evolution, it has been sought to develop innovative solutions that help in the monitoring and treatment of patients.

In this work it is proposed the development of a system for remote monitoring and disease management for CORD patients, using innovative and efficient approaches, such as rule-based systems and Case-Based Reasoning (CBR). The proposed system is composed by two components: (1) individualized support, that motivates the adoption of behaviors that benefit the patient's health, by providing personalized recommendations, and (2) integration, that provides the services of the individualized support component to the participants in the treatment of CORD, such as the patient and the health professional.

In addition to the development of the system described above, this work intends to evaluate the impact of CBR on the proposed system, by comparing the number of recommendations generated by CBR and the number of recommendations generated by the rule-based system.

The developed solution for the proposed work is composed by two components, individualized support and integration, that allow the generation and presentation of personalized recommendations to each patient.

From the developed solution it was possible to carry out the study on the impact of the CBR in the system, concluding that the use of CBR results in the generation of a greater number of recommendations, compared to the use of the rule-based system.

Keywords: Chronic obstructive respiratory disease, E-coaching, Rule-based systems, Case-Based Reasoning

Agradecimentos

Agradeço a todas as pessoas que possibilitaram a concretização do presente trabalho.

Agradeço aos meus orientadores: Goreti Marreiros, pela orientação prestada e pelo tempo dedicado à revisão do trabalho realizado, e Diogo Martinho, pela disponibilidade para discutir o desenvolvimento do trabalho e pelo *feedback* fornecido relativamente aos resultados obtidos.

Agradeço aos profissionais da Faculdade de Medicina da Universidade do Porto pela ajuda fornecida durante a realização do trabalho.

Agradeço ao GECAD por me ter fornecido as condições necessárias para desenvolver este trabalho com sucesso e pelo bom ambiente de trabalho.

Por fim, agradeço a todos os colegas que me acompanharam durante o meu percurso académico.

Índice

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	CONTEXTO	1
1.2	PROBLEMA	2
1.3	OBJETIVOS	3
1.4	RESULTADOS ESPERADOS	4
1.5	ESTRUTURA DO DOCUMENTO	4
2	CONTEXTO	7
2.1	PROJETO AIRDOC	7
2.2	DROC	12
2.3	E-COACHING	13
2.4	GAMIFICAÇÃO	16
3	ANÁLISE DE VALOR	19
3.1	VALOR	19
3.2	PROPOSTA DE VALOR	21
3.3	PROCESSO DE INOVAÇÃO	22
3.3.1	<i>Identificação da oportunidade</i>	24
3.3.2	<i>Análise da oportunidade</i>	24
3.3.3	<i>Criação da ideia</i>	26
3.3.4	<i>Seleção da ideia</i>	27
3.3.5	<i>Desenvolvimento do conceito</i>	27
3.4	QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT	28
3.5	MODELO DE NEGÓCIO	31
4	ESTADO DA ARTE	35
4.1	SISTEMAS DE MONITORIZAÇÃO	35
4.1.1	<i>AioCare</i>	35
4.1.2	<i>SmartOne</i>	37
4.1.3	<i>Respi</i>	38
4.1.4	<i>CliniCloud</i>	39
4.1.5	<i>SpiroSmart</i>	39
4.1.6	<i>BKSpiro</i>	40
4.1.7	<i>GEx</i>	40
4.1.8	<i>Discussão</i>	42
4.2	ABORDAGENS INTELIGENTES	43
4.2.1	<i>Sistemas baseados em regras</i>	43
4.2.2	<i>Case-Based Reasoning</i>	45
4.2.2.1	Euclidean Distance	47
4.2.2.2	Cosine Similarity	48
4.2.2.3	Jaccard Index	49
4.2.3	<i>Discussão</i>	49
5	MODELAÇÃO DA SOLUÇÃO	51

5.1	ANÁLISE DE REQUISITOS	51
5.1.1	<i>Atores principais</i>	51
5.1.2	<i>Requisitos funcionais</i>	52
5.1.2.1	UC1.1: Gestão de variáveis.....	53
5.1.2.2	UC1.2: Gestão de regras.....	55
5.1.2.3	UC1.3: Gestão de informação clínica.....	58
5.1.2.4	UC1.4: Receber informação do paciente.....	60
5.1.2.5	UC1.5: Processar informação	60
5.1.2.6	UC1.6: Enviar recomendação	60
5.1.2.7	UC1.7: Receber feedback da recomendação.....	61
5.1.2.8	UC2.1: Processamento de pedidos.....	61
5.1.3	<i>Requisitos não funcionais</i>	61
5.1.3.1	Módulo de suporte individualizado.....	61
5.1.3.2	Módulo de integração	62
5.2	MODELO DE DOMÍNIO	63
5.3	DESIGN	64
5.3.1	<i>UC1.1: Gestão de variáveis</i>	64
5.3.1.1	Visualizar informação da variável.....	64
5.3.1.2	Criar uma variável.....	65
5.3.1.3	Editar uma variável.....	66
5.3.1.4	Apagar uma variável.....	66
5.3.2	<i>UC1.2: Gestão de regras</i>	67
5.3.2.1	Visualização da informação de uma regra	68
5.3.2.2	Criação de uma regra	68
5.3.2.3	Edição de uma regra.....	69
5.3.2.4	Apagar uma regra.....	70
5.3.3	<i>UC1.3: Gestão de informação clínica</i>	71
5.3.3.1	Visualização de informação clínica.....	72
5.3.3.2	Criação de informação clínica.....	72
5.3.3.3	Edição de informação clínica	73
5.3.3.4	Remover informação clínica.....	74
5.3.4	<i>Fluxo principal do sistema</i>	75
5.4	TECNOLOGIAS ESCOLHIDAS	76
5.4.1	<i>Módulo de suporte individualizado</i>	77
5.4.2	<i>Módulo de integração</i>	77
5.5	ARQUITETURA.....	78
5.5.1	<i>Módulo de suporte individualizado</i>	78
5.5.2	<i>Módulo de integração</i>	79
5.5.3	<i>Solução final</i>	80
6	DESENVOLVIMENTO DA SOLUÇÃO	81
6.1	MÓDULO DE SUPORTE INDIVIDUALIZADO	81
6.1.1	<i>Coaching Application</i>	81
6.1.1.1	Gestão de variáveis	83
6.1.1.2	Gestão de regras	87
6.1.1.3	Gestão da informação clínica	91
6.1.2	<i>Rule Application</i>	94
6.1.2.1	Regras.....	94
6.1.2.2	Case-Based Reasoning.....	95
6.2	MÓDULO DE INTEGRAÇÃO	99

7	EXPERIMENTAÇÃO E AVALIAÇÃO	103
7.1	HIPÓTESE	103
7.2	METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO	103
7.3	INDICADORES DE AVALIAÇÃO	104
7.4	VALIDAÇÃO DA HIPÓTESE	104
7.5	RESULTADOS OBTIDOS	105
8	CONCLUSÕES	109
8.1	SÍNTESE	109
8.2	OBJETIVOS REALIZADOS	110
8.3	IMPACTO CIENTÍFICO	111
8.4	TRABALHO FUTURO	112

Lista de Figuras

Figura 1 - Arquitetura proposta para o sistema	8
Figura 2 - Interação entre paciente, profissional de saúde e sistema	11
Figura 3 - Recomendação do Fitbit (“Why Fitbit,” 2018)	15
Figura 4 - Definição de objetivos no Fitbit (“Why Fitbit,” 2018)	16
Figura 5 - Monitorização do objetivo no Fitbit (“Why Fitbit,” 2018).....	16
Figura 6 - Perspetiva longitudinal do valor para o cliente (Woodall, 2003)	20
Figura 7 - Fases do processo de inovação (Koen et al., 2002)	22
Figura 8 – Modelo New Concept Development (Koen et al., 2001)	23
Figura 9 - Previsão do crescimento do mercado de mHealth até 2020 (“Projected global mHealth market size 2012-2020 Statistic,” 2018)	25
Figura 10 - Casa da qualidade do sistema proposto.....	29
Figura 11 - Modelo de negócio.....	33
Figura 12 - Página inicial da aplicação AioCare (“App Store - AioCare,” 2018)	36
Figura 13 - AioCare para profissionais de saúde (“AioCare PRO,” 2019)	36
Figura 14 - Resultados da aplicação SmartOne (“MIR Smart One: Peak Flow and FEV1 now available on your iOS and Android Smart Phones,” 2018)	37
Figura 15 - Resultados e sintomas após medição da função pulmonar (“MIR Smart One: Peak Flow and FEV1 now available on your iOS and Android Smart Phones,” 2018).....	37
Figura 16 - Tendência de resultados da aplicação SmartOne (“MIR Smart One: Peak Flow and FEV1 now available on your iOS and Android Smart Phones,” 2018)	38
Figura 17 - Resultados da espirometria da aplicação Respi (“Resp.io,” 2018)	38
Figura 18 - Aplicação e sensor CliniCloud (“Stethoscope – CliniCloud,” 2018)	39
Figura 19 - Sistema GEx (Salvi et al., 2017).....	40
Figura 20 - Feedback da estação móvel (Salvi et al., 2017)	41
Figura 21 - Interface da estação do paciente (Salvi et al., 2017).....	41
Figura 22 - Exemplo de regras utilizadas no GEx (Salvi et al., 2017)	44
Figura 23 - Recomendação de atividades (De Pessemier and Martens, 2018)	45
Figura 24 - Exemplo da distância entre dois pontos	47
Figura 25 - Exemplo de ângulos entre vetores	48
Figura 26 - Diagrama de casos de uso do módulo de suporte individualizado	52
Figura 27 - Diagrama de casos de uso do módulo de integração.....	52
Figura 28 - Diagrama de sequência de sistema de visualização de uma variável.....	53
Figura 29 - Diagrama de sequência de sistema para criação de uma variável	54
Figura 30 - Diagrama de sequência de sistema para edição de uma variável.....	54
Figura 31 - Diagrama de sequência de sistema para remoção de uma variável	55
Figura 32 - Diagrama de sequência de sistema de visualização de regras	56
Figura 33 - Diagrama de sequência de sistema de criação de uma regra	56
Figura 34 - Diagrama de sequência de sistema de edição de uma regra	57
Figura 35 - Diagrama de sequência de sistema de remoção de uma regra	57
Figura 36 - Diagrama de sequência de sistema para visualização de informação clínica.....	58

Figura 37 - Diagrama de sequência de sistema para criação de informação clínica	59
Figura 38 - Diagrama de sequência de sistema de edição de informação clínica.....	59
Figura 39 - Diagrama de sequência de sistema de remoção de informação clínica	60
Figura 40 - Modelo de domínio do módulo de suporte individualizado	63
Figura 41 - Diagrama de sequência de visualização de uma variável.....	65
Figura 42 - Diagrama de sequência de criação de uma variável.....	65
Figura 43 - Diagrama de sequência de edição de uma variável.....	66
Figura 44 - Diagrama de sequência da remoção de uma variável	67
Figura 45 - Diagrama de sequência de visualização de uma regra	68
Figura 46 - Diagrama de sequência de criação de uma regra.....	69
Figura 47 - Diagrama de sequência de edição de uma regra.....	70
Figura 48 - Diagrama de sequência de remoção de uma regra	71
Figura 49 - Diagrama de sequência da visualização da informação clínica	72
Figura 50 - Diagrama de sequência de criação de informação clínica.....	73
Figura 51 - Diagrama de sequência da edição da informação clínica	74
Figura 52 - Diagrama de sequência da remoção de informação clínica	75
Figura 53 - Diagrama de sequência do fluxo principal da solução final.....	76
Figura 54 - Diagrama de componentes do módulo de suporte individualizado.....	78
Figura 55 - Arquitetura do módulo de integração.....	79
Figura 56 - Arquitetura da solução final	80
Figura 57 - Interface de autenticação no módulo de suporte individualizado.....	82
Figura 58 - Página inicial	82
Figura 59 - Página inicial para o gestor de saúde	83
Figura 60 - Página inicial para o profissional de saúde	83
Figura 61 - Página inicial da gestão de variáveis.....	84
Figura 62 - Interface para criação de uma variável	84
Figura 63 - Interface para criação de uma variável do tipo classificativo	85
Figura 64 - Interface para visualização das informações de uma variável	85
Figura 65 - Interface de edição de uma variável.....	86
Figura 66 - Interface de edição de uma variável do tipo classificativo	86
Figura 67 - Interface para adição de novo atributo	86
Figura 68 - Interface de remoção de uma variável	87
Figura 69 - Página inicial da gestão de regras.....	87
Figura 70 - Primeira interface para criação de uma regra	88
Figura 71 - Segunda interface para criação de uma regra.....	88
Figura 72 - Expressão regular utilizada na validação do input.....	88
Figura 73 - Interface para visualização de detalhes de uma regra	89
Figura 74 - Primeira interface para edição de uma regra.....	89
Figura 75 - Segunda interface para edição de uma regra.....	90
Figura 76 - Interface para remoção de uma regra.....	90
Figura 77 - Interface para apresentação das recomendações geradas	91
Figura 78 - Página inicial de gestão de informação clínica	91
Figura 79 - Primeira interface para criação de informação clínica de um paciente	92

Figura 80 - Segunda interface para criação de informação clínica de um paciente	92
Figura 81 - Interface para visualização da informação clínica de um paciente	93
Figura 82 - Primeira interface para edição da informação clínica de um paciente	93
Figura 83 - Segunda interface para edição da informação clínica de um paciente	94
Figura 84 - Interface para remoção da informação clínica de um paciente	94
Figura 85 - Exemplo de uma regra gerada a partir da matriz de decisão clínica	95
Figura 86 - Comparação entre os algoritmos	98
Figura 87 - Resultados obtidos nas simulações	106

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Benefícios e sacrifícios para o cliente	20
Tabela 2 - Proposta da perspectiva longitudinal do produto.....	21
Tabela 3 - Comparação entre sistemas	26
Tabela 4 - Comparação entre os sistemas existentes	42
Tabela 5 - Resultados do estudo aos algoritmos.....	98
Tabela 6 - Resultados obtidos nas simulações	106
Tabela 7 - Objetivos realizados.....	111

Lista de Acrónimos

AIRDOC	Aplicação móvel inteligente para suporte individualizado inteligente e monitorização da função e sons respiratórios de doentes obstrutivos crónicos
CBR	<i>Case-Based Reasoning</i>
CINTESIS	Centro de Investigação em Tecnologias e Serviços de Saúde
DAL	<i>Data Access Layer</i>
DPOC	Doença pulmonar obstrutiva crónica
DROC	Doenças respiratórias obstrutivas crónicas
DTO	<i>Data Transfer Object</i>
FFE	<i>Fuzzy Front End</i>
FMUP	Faculdade de Medicina da Universidade do Porto
GECAD	Grupo de Investigação em Engenharia e Computação Inteligente para a Inovação e o Desenvolvimento
HTTP	<i>Hypertext Transfer Protocol</i>
ISEP	Instituto Superior de Engenharia do Porto
MVC	<i>Model View Controller</i>
NCD	<i>New Concept Development</i>
NPD	<i>New Product Development</i>
QFD	<i>Quality Function Deployment</i>

1 Introdução

Neste capítulo é feita uma breve apresentação do âmbito do presente trabalho, descrevendo o contexto e problema, enunciando, de seguida, os seus objetivos e resultados esperados. É também descrita a estrutura do presente documento.

1.1 Contexto

Com o contínuo crescimento e evolução das tecnologias de informação, observado nos últimos tempos, estas tornaram-se uma parte fundamental do quotidiano da população a nível mundial. Ao automatizar processos realizados no dia-a-dia, dá-se solução a problemas relacionados com a eficiência e tempo despendido na realização de tarefas, entre outros.

Esta evolução tem potenciado o surgimento de novos conceitos tecnológicos, cuja aplicação aos sistemas resulta numa melhoria da experiência do utilizador com estes. Exemplos destes conceitos inovadores são *e-coaching* (detalhado na secção 2.3), que permite ao sistema adaptar-se a cada um dos seus utilizadores, resultando numa interação personalizada com o utilizador, e gamificação, explorada na secção 2.4, que consiste na utilização de conceitos de jogos em ambientes fora do seu contexto (Seaborn and Fels, 2015).

Sendo assim, as tecnologias de informação têm-se espalhado a todas as áreas da sociedade, de modo a auxiliar e aumentar a eficiência dos seus processos e, simultaneamente, procurando dar solução aos problemas existentes. Uma área extremamente influenciada pelo crescimento destas tecnologias é a área da saúde, onde têm sido desenvolvidas várias soluções com o objetivo de inovar e melhorar os seus processos, como a monitorização e tratamento de pacientes. Esta tendência é confirmada pelo surgimento de projetos, como o projeto nacional *Aplicação móvel inteligente para suporte individualizado inteligente e monitorização da função e sons respiratórios de doentes obstrutivos crónicos* (AIRDOC), apresentado na secção 2.1.

O projeto AIRDOC consiste no desenvolvimento de uma aplicação móvel para o acompanhamento e monitorização remota de pacientes com DROC. Para além da aplicação móvel, o sistema proposto pelo AIRDOC é composto por diversos módulos (apresentados detalhadamente na secção 2.1), que disponibilizam funcionalidades como obtenção de dados clínicos, processamento de dados, geração de recomendações personalizadas, entre outras.

Com o desenvolvimento deste sistema, o projeto AIRDOC procura:

- Reduzir o número de idas às urgências;
- Reduzir o número de exacerbações dos pacientes;
- Promover a adoção de um estilo de vida saudável;
- Disponibilizar cuidados de saúde acessíveis, eficientes e personalizados.

Devido à sua investigação focada na área dos sistemas inteligentes, o Grupo de Investigação em Engenharia e Computação Inteligente para a Inovação e o Desenvolvimento (GECAD) é um dos membros que compõem o consórcio do AIRDOC. O presente trabalho, proposto pelo GECAD, encontra-se incluído neste projeto nacional.

1.2 Problema

As doenças respiratórias obstrutivas crónicas (DROC) afetam pessoas em todo o mundo, sendo reportado que, até 2017, mais de mil milhões de pessoas sofrem destas doenças (Forum of International Respiratory Societies and European Respiratory Society, 2017). Como é de esperar, o elevado número de pacientes com as DROC leva a uma sobrecarga em várias áreas, com foco na saúde e economia, estimando-se que os custos anuais com as DROC na Europa ultrapassam os 380 mil milhões de euros, segundo (Gibson et al., 2013).

As DROC são extremamente impactantes na qualidade de vida dos doentes, sendo necessário o acompanhamento e tratamentos frequentes destes. No entanto, o caso mais comum do acompanhamento é a realização de consultas para o profissional de saúde avaliar a condição do paciente e delinear um plano de tratamento, deixando-o desacompanhado durante o período entre consultas. A solução atual de acompanhamento de pacientes com DROC carece de monitorização entre consultas, sendo difícil obter dados acerca do estado de saúde do paciente (por exemplo, valores relativos à função pulmonar) durante o período de tempo em que este não tem consulta com o profissional de saúde. A análise destes dados levaria à deteção precoce de exacerbações da doença do paciente, algo que, com a solução atual para o acompanhamento não é possível realizar, dado que o paciente e o profissional de saúde têm que esperar até à próxima consulta para relatar ou observar alguma exacerbação.

A apresentação regular de recomendações sobre o tratamento que o paciente deve seguir e comportamentos que este deve adotar para melhorar o seu estado de saúde dá resposta aos

problemas acima mencionados, como a falta de acompanhamento do paciente durante o período entre consultas.

Sendo assim, conclui-se que é imperativa a criação de soluções que sejam capazes de fornecer recomendações apropriadas ao estado clínico do paciente. A partir da apresentação de recomendações personalizadas, é possível promover eficazmente a adoção de comportamentos e estilos de vida saudáveis, resultando, assim, numa melhoria da qualidade de vida dos pacientes.

1.3 Objetivos

O trabalho proposto consiste no desenvolvimento de dois módulos que auxiliem no processo de acompanhamento e monitorização remota de pacientes com DROC, que serão incluídos no projeto AIRDOC, como mencionado anteriormente. Os módulos encontram-se enunciados a seguir:

- Suporte individualizado inteligente;
- Integração.

O módulo de suporte individualizado inteligente tem como principal objetivo motivar o seu utilizador, neste caso uma pessoa com DROC, a efetuar mudanças no seu comportamento, beneficiando a sua saúde. Este módulo irá realizar o processamento dos dados dos pacientes com recurso a abordagens inteligentes, disponibilizando aos seus utilizadores:

- Recomendações para atividades e/ou comportamentos a ter (adequadas ao estado clínico do paciente);
- Relatórios sobre a monitorização realizada para consulta pelo profissional de saúde;
- Notificações no momento da deteção de exacerbações.

De modo a disponibilizar os serviços fornecidos pelo módulo de suporte individualizado inteligente aos intervenientes no processo de acompanhamento e monitorização da doença, como o paciente e o profissional de saúde, será desenvolvido um módulo de integração. Este módulo disponibilizará serviços de forma a coordenar a interação do módulo de suporte individualizado com os restantes módulos que compõem o projeto AIRDOC (confrontar secção 2.1), permitindo:

- Aquisição de informação clínica do paciente;
- Disponibilização das recomendações geradas pelo módulo de suporte individualizado.

1.4 Resultados esperados

Com o desenvolvimento do trabalho proposto é esperado que a solução cumpra os objetivos definidos na secção 1.3, isto é, é expectável que seja implementado um sistema que auxilie na monitorização e acompanhamento de pacientes com DROC, disponibilizando recomendações adequadas ao estado clínico dos pacientes e que motivem a adoção de comportamentos e de estilos de vida saudáveis.

Sendo a apresentação de recomendações personalizadas fundamental para o sucesso do trabalho proposto, espera-se que a conjugação das abordagens inteligentes que serão implementadas no sistema terá um impacto positivo na geração das recomendações, como o aumento do número de recomendações geradas (confrontar capítulo 7).

1.5 Estrutura do documento

O presente documento está organizado em oito capítulos. O documento é iniciado por este capítulo introdutório, onde é feita uma breve apresentação do contexto e problemas associados ao trabalho proposto, sendo, de seguida, expostos os objetivos a concretizar e os respetivos resultados esperados.

No segundo capítulo, Contexto, é aprofundado o âmbito do trabalho proposto, apresentando o projeto nacional onde este se encontra incluído, expondo, de seguida, os conceitos abrangidos pelo presente trabalho.

No terceiro capítulo, Análise de valor, é estudado o valor do negócio associado ao trabalho proposto, incluindo a apresentação da proposta de valor, análise do processo de inovação e apresentação do modelo de negócio.

No quarto capítulo, Estado da arte, são exploradas as várias soluções de sistemas de monitorização e abordagens inteligentes presentes na literatura e no mercado. Esta exposição é complementada por uma discussão da adequação das abordagens utilizadas ao âmbito do trabalho proposto.

No quinto capítulo, Modelação da solução, é apresentada a documentação relativa ao desenho do sistema proposto, recorrendo à análise dos requisitos, funcionais e não funcionais, apresentação do modelo de domínio, realização dos requisitos funcionais e arquitetura proposta para o sistema.

No sexto capítulo, Desenvolvimento da solução, é descrito o processo de implementação do sistema proposto, incluindo a justificação de opções tomadas e apresentação dos resultados obtidos.

No sétimo capítulo, Experimentação e avaliação, é descrito o processo utilizado para a avaliação da solução final e respetivos resultados.

No capítulo final, Conclusões, são apresentados os resultados obtidos em contraste com os objetivos inicialmente definidos, impacto científico do presente trabalho e é definido o trabalho futuro a ser realizado.

2 Contexto

No presente capítulo será enquadrado o trabalho proposto, apresentando o projeto nacional onde este está incluído, seguindo-se de uma exposição dos vários conceitos associados ao trabalho: DROC, *e-coaching* e gamificação.

2.1 Projeto AIRDOC

O AIRDOC¹ é um projeto enquadrado na área de saúde móvel, financiado pelo Norte 2020 (Sacadura, 2019), que conta com um consórcio de três parceiros nacionais, sendo estes:

- Faculdade de Medicina da Universidade do Porto (FMUP), através do Centro de Investigação em Tecnologias e Serviços de Saúde (CINTESIS);
- Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), através do GECAD;
- MEDIDA.

De modo a potenciar o sucesso deste projeto, o consórcio possui experiência nas áreas abrangidas por este, como medicina, tecnologias de informação e metodologias de *coaching*.

O AIRDOC tem como principal objetivo o desenvolvimento de um sistema de monitorização remota e acompanhamento individualizado de pacientes com DROC, utilizando apenas o *smartphone* e os seus sensores.

A arquitetura proposta para o sistema a ser desenvolvido durante a realização deste projeto encontra-se ilustrada na Figura 1:

¹ Aplicação móvel inteligente para suporte individualizado inteligente e monitorização da função e sons respiratórios de doentes obstrutivos crónicos

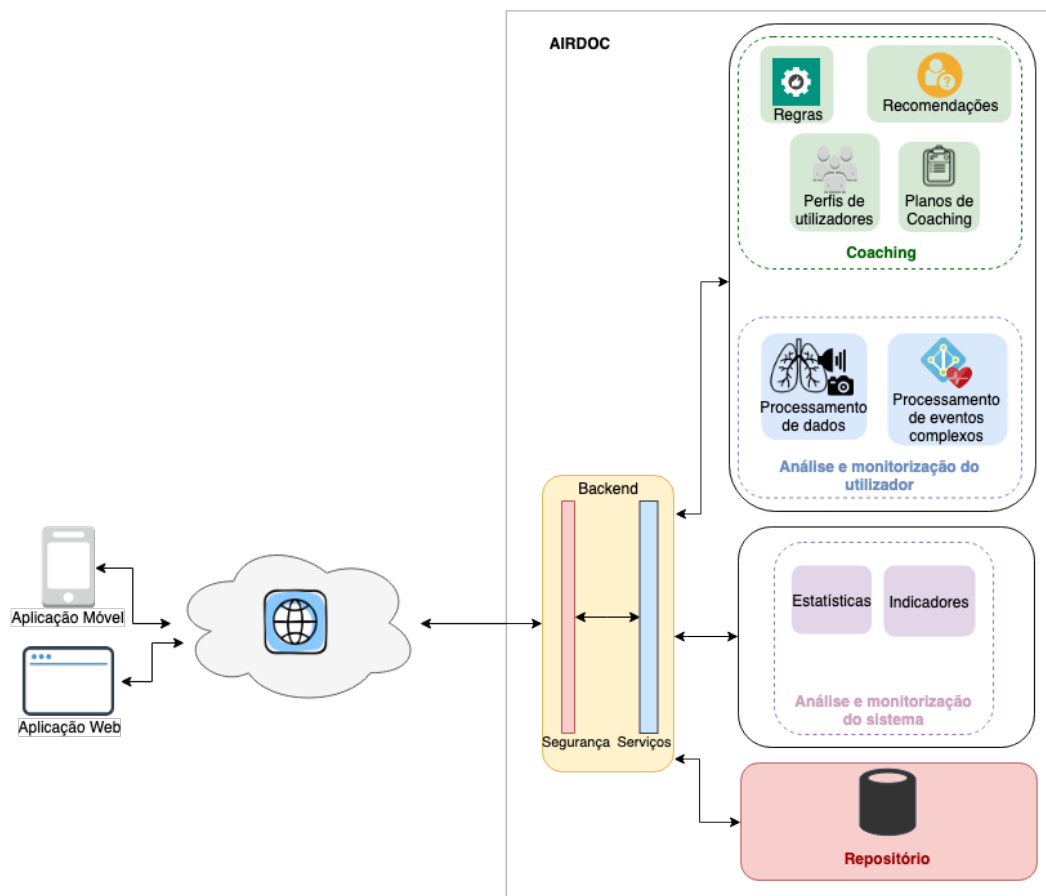


Figura 1 - Arquitetura proposta para o sistema

Como se pode verificar pela Figura 1, o sistema a ser desenvolvido será composto por vários módulos, sendo estes:

1. *Backend* – módulo responsável pela gestão das comunicações entre os restantes módulos do AIRDOC;
2. *Coaching* – módulo que tem como objetivo a disponibilização de informação personalizada que motive o paciente a adotar comportamentos que levem a um estilo de vida mais saudável;
3. *Análise e monitorização do utilizador* – módulo encarregue do processamento e análise dos dados clínicos dos pacientes;
4. *Análise e monitorização do sistema* – módulo encarregue da geração de dados estatísticos relativos à utilização do sistema do AIRDOC (por exemplo, tempo de utilização da aplicação móvel);
5. *Repositório* – módulo onde se encontram guardadas as informações pertencentes ao sistema do AIRDOC, como dados clínicos dos pacientes, conhecimento do sistema, entre outros.

O “*Backend*” irá coordenar as comunicações entre os vários módulos do sistema, sendo constituído por uma camada de segurança, de forma a controlar o acesso às diversas funcionalidades do sistema, e uma camada de serviços, que realiza a comunicação direta às funcionalidades disponibilizadas pelos restantes módulos.

O módulo de “*Coaching*” fornecerá, recorrendo a abordagens inteligentes, recomendações personalizadas, para cada paciente, sobre as mudanças que este deverá adotar nos seus comportamentos e atividades que poderá realizar. Este módulo encontra-se dividido em quatro componentes, sendo estas:

- Regras – componente relativa às regras definidas para a geração de recomendações (ver secção 4.2.1);
- Recomendações – componente relativa às recomendações que serão apresentadas aos pacientes;
- Perfis de utilizadores – componente que especifica todas as características que identificam um certo perfil que é associado ao paciente. Por exemplo, estes perfis podem indicar o tipo de doença que o paciente tem, como asma, rinite, entre outras;
- Planos de *coaching* – componente que especifica planos de *coaching* personalizados para cada paciente. Estes planos são definidos por profissionais de saúde, contendo informações relativas ao tratamento da doença a ser realizado pelo paciente (que medicação deve tomar e a que horas), objetivos personalizados para o paciente (cuja monitorização será realizada pela aplicação móvel, de acordo com as especificações do profissional de saúde), entre outros.

No módulo de “Análise e monitorização do utilizador”, o projeto AIRDOC propõe-se a desenvolver tecnologias inovadoras para a obtenção e análise dos dados clínicos, como valores da função pulmonar, do paciente. O desenvolvimento deste módulo tem também como objetivo combater a baixa precisão da utilização dos sensores do *smartphone* verificada na literatura (confrontar capítulo 4). Como se pode verificar pela Figura 1, este módulo é composto por duas componentes:

- Processamento de dados – componente encarregue da análise dos dados clínicos obtidos pela aplicação móvel;
- Processamento de eventos complexos – componente encarregue do processamento de eventos complexos. Ao contrário dos eventos simples, que são constituídos apenas pelos dados que são obtidos diretamente através da monitorização do paciente, os eventos complexos resultam na análise e comparação de diversos dados (como o conhecimento já existente no sistema e *feedback* fornecido pelos pacientes e profissionais de saúde).

No módulo de “Análise e monitorização do sistema” serão gerados e analisados os dados estatísticos relativos ao sistema do AIRDOC, como a aderência dos utilizadores à aplicação móvel, avaliação do estado de saúde dos pacientes, entre outros dados. Este módulo é composto pelas componentes seguintes:

- Estatísticas – componente responsável pela geração dos dados estatísticos do sistema;
- Indicadores – componente encarregue da apresentação dos dados estatísticos gerados na componente “Estatísticas” e indicação das tendências dos valores (como melhoria coletiva do estado de saúde dos pacientes, aumento da utilização da aplicação móvel, entre outras informações).

O módulo “Repositório” contém as bases de dados do sistema do AIRDOC, onde se encontram armazenadas todas as informações dos restantes módulos, como os dados clínicos, estatísticas geradas, conhecimento do sistema (utilizado pelo módulo de “*Coaching*”). É de notar que este módulo contém uma matriz de decisão clínica que complementarará o conhecimento do sistema, contendo instruções que devem ser apresentadas a pacientes com determinados estados clínicos.

A matriz de decisão clínica foi elaborada por profissionais de saúde da FMUP, seguindo as *guidelines* médicas² estabelecidas por várias organizações, como a *Forum of International Respiratory Societies*, e aborda diferentes tópicos relacionados com as doenças respiratórias, como o tabagismo, alergias, poluição, entre outros. Esta matriz é composta por variáveis relativas ao paciente, como informação clínica (por exemplo, tipo de doença respiratória que o afeta), informação demográfica, entre outras, e recomendações a apresentar. Para cada recomendação, encontram-se definidos os valores, ou intervalos de valores, que as variáveis têm que possuir para que a recomendação seja apresentada ao paciente.

Para além dos módulos descritos acima, o sistema proposto pelo projeto AIRDOC contempla, também, duas aplicações, móvel e *web*.

As funcionalidades dos módulos descritos anteriormente serão disponibilizadas ao paciente através de uma aplicação móvel, que terá como funções:

- Gravação e processamento da função respiratória do utilizador;
- Apresentação de dados relativos ao estado de saúde do utilizador, como os valores da última monitorização realizada e a classificação do seu estado de saúde;
- Apresentação das recomendações geradas através do módulo de “*Coaching*”.

² Documento cujo objetivo é auxiliar os médicos no diagnóstico e tratamento de pacientes (“American Heart Association,” 2019).

Será também disponibilizada uma aplicação *web* direcionada ao profissional de saúde para que este aceda à informação clínica e aos relatórios de monitorização do paciente, obtidos do módulo de “*Coaching*”.

Sendo assim, o sistema permitirá o acompanhamento do paciente e a interação deste com o profissional de saúde no período de consultas, como ilustrado pela Figura 2:

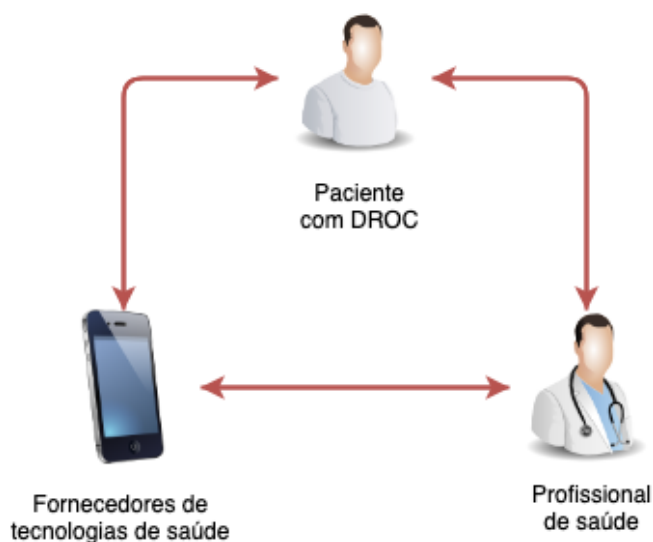


Figura 2 - Interação entre paciente, profissional de saúde e sistema

O bom funcionamento deste sistema é fundamental para o sucesso do AIRDOC e, para avaliar se este vai ao encontro dos objetivos definidos, foram definidos resultados que se espera que sejam obtidos. Estes resultados focam-se na fiabilidade da medição da função pulmonar, na satisfação dos utilizadores com o sistema e na redução da ocorrência de exacerbações do paciente. Os resultados serão avaliados durante o decorrer do projeto através da análise dos valores obtidos da função pulmonar, análise da aderência dos utilizadores ao sistema e a verificação do estado de saúde dos pacientes que utilizam o sistema.

A implementação dos módulos do sistema foi distribuída pelos vários membros do consórcio do AIRDOC, sendo definido que o GECAD é o responsável pela implementação da componente de suporte individualizado (módulo de “*Coaching*”).

O desenvolvimento desta componente foi dividido em várias tarefas que consistem na definição dos requisitos da componente, modelação do perfil do utilizador, implementação dos algoritmos inteligentes e testes. Na primeira tarefa, definição de requisitos, é efetuado um levantamento dos requisitos funcionais e não funcionais da componente. A seguir é modelado o perfil de utilizador, isto é, é definido um modelo para cada utilizador do sistema, em conjunto com a matriz clínica, de acordo com as suas informações (como características do paciente e dados clínicos). Após esta modelação são implementadas as abordagens inteligentes que encarregar-se-ão do suporte individualizado dos pacientes. Finalmente, serão realizados testes

a esta componente de *coaching* e, com base nos resultados, será fornecido *feedback* de modo a melhorar a solução.

A concretização de todas as tarefas acima enunciadas resultará num sistema de *coaching* capaz de atuar de forma dinâmica conforme a informação recebida. Esta informação é proveniente dos valores das medições realizadas, dos dados clínicos do paciente e também das interações que este terá com o sistema.

O sistema de suporte individualizado final terá como função principal o acompanhamento do paciente, apresentando sugestões de atividades e comportamentos que este deve adotar. Relativamente ao profissional de saúde, este sistema irá gerar relatórios da monitorização realizada e irá alertá-lo caso sejam detetadas exacerbações no estado de saúde do paciente.

De forma a garantir a adesão à terapia por parte do paciente, o projeto AIRDOC propõe-se a explorar e aplicar mecanismos de gamificação (ver secção 2.4) neste módulo de *coaching*. Neste contexto, a gamificação irá basear-se no registo das atividades que o paciente realiza, atribuindo-lhe pontos conforme o sucesso desta. A utilização de gamificação no AIRDOC irá motivar o utilizador a usar a aplicação e a adotar os comportamentos recomendados, resultando numa melhoria do estado de saúde.

2.2 DROC

As doenças respiratórias obstrutivas crónicas englobam um conjunto de doenças que afetam a função respiratória e pulmonar do paciente. A asma, prevalecendo em pacientes mais jovens, ou doença pulmonar obstrutiva crónica (DPOC), ocorrendo em idades mais avançadas, são exemplos das DROC.

Tendo como causa principal o tabagismo (“Causes of COPD,” 2018), as DROC apresentam também como fatores de risco o contacto com a poluição, fatores genéticos e a idade do paciente (Mannino and Buist, 2007). A severidade destes fatores de risco variam entre localizações, sendo que nos países mais ricos o fator principal é o tabagismo, enquanto que nos países mais pobres o fator principal para as DROC é a poluição (“Causes of COPD,” 2018).

Os sintomas mais comuns destas doenças são a dificuldade em respirar, tosse crónica e expectoração (Beattie et al., 2014). Para diagnosticar corretamente esta doença é necessário recorrer à realização de uma espirometria. Este exame mede a capacidade dos pulmões a partir do volume inspirado pelo paciente e quão rapidamente o ar consegue entrar e sair dentro dos pulmões (“Diagnosis of COPD,” 2018).

É extremamente frequente para os pacientes com DROC experienciarem exacerbações, que levam a irregularidades na respiração, como dificuldades a respirar e tosse mais frequente. Os tratamentos indicados para as DROC têm como base a prevenção destas exacerbações da

doença. Para isso, é recomendado ao paciente a cessação tabágica (caso este fume), e evitar o contacto com poluentes. A atividade física adequada ao paciente é também recomendada.

Embora o “tratamento farmacológico não cure” (Direção-Geral da Saúde, 2008) as DROC, o profissional de saúde pode também receitar ao paciente medicação, como broncodilatadores³ e anti-histamínicos⁴ (“COPD management,” 2018), para controlo da doença. O uso de medicação para as DROC tem principais objetivos:

1. Atenuar os sintomas;
2. Melhorar a qualidade de vida do paciente;
3. Prevenir exacerbações (Direção-Geral da Saúde, 2008).

Para além dos sintomas físicos que as DROC provocam, estas doenças podem potenciar o aparecimento de outras doenças, sendo estas do foro psicológico. Os pacientes com DROC apresentam uma prevalência elevada de doenças psicológicas, como depressão e ansiedade (Yohannes and Alexopoulos, 2014). Estudos apontam que estas doenças levam a uma diminuição da qualidade de vida dos pacientes com DROC (Di Marco et al., 2006), agravando, assim, a doença respiratória. A depressão e ansiedade podem afetar a motivação e a adesão do paciente ao tratamento (Yohannes and Alexopoulos, 2014), sendo necessário um acompanhamento adequado para cada paciente.

Atualmente, o acompanhamento dos pacientes com DROC é realizado através de consultas com o profissional de saúde, em que o paciente fica a seu próprio cargo no tempo entre consultas. Para combater o tempo em que o paciente fica desacompanhado entre consultas com o profissional de saúde, têm-se realizado vários estudos para encontrar uma solução para este problema. A principal solução é a criação de sistemas para monitorização e acompanhamento de pacientes com DROC. Estes sistemas encarregar-se-ão da monitorização dos dados relativos à doença, estado de saúde do paciente e recomendar-lhe atividades para este realizar. A utilização destes sistemas beneficiará não só o paciente como também o profissional de saúde, ao disponibilizar-lhe os dados relativos ao estado de saúde do seu paciente, construindo, assim, uma ponte para a interação entre ambos durante o tempo entre consultas.

2.3 E-coaching

A crescente inovação das tecnologias de informação tem levado à digitalização e personalização de vários processos realizados no quotidiano. Dentro deste contexto é de notar a utilização de tecnologias de suporte a utilizadores, tanto a nível individual como coletivo. A nível coletivo são conhecidos os sistemas de apoio à tomada de decisão em grupo, que visam suportar diferentes

³ Medicação utilizada para dilatar os brônquios. A sua utilização tem como objetivo reduzir e controlar sintomas e exacerbações da doença (Direção-Geral da Saúde, 2008).

⁴ Utilizado no alívio de alergias e hipersensibilidade (Infarmed, 2018).

decisores e respetivos interesses e auxiliar na resolução de diferentes problemas (Carneiro et al., 2018c) (Carneiro et al., 2018b) (Carneiro et al., 2016) (Carneiro et al., 2018a) (Martinho et al., 2015) (Carneiro et al., 2015) (DeSanctis and Gallupe, 1984) (Costa et al., 2008) (Marreiros et al., 2007) (Yazdani et al., 2017) (Siddiqui et al., 2018). A nível individual, destaca-se a prática de *coaching* para ajudar um indivíduo a definir os seus objetivos e a redirecionar os seus recursos pessoais de forma a atingir esses objetivos (A. Kamphorst, 2017) (Oliveira et al., 2016) (Pratiwi et al., 2018) (Salvi et al., 2017) (Nooitgedagt et al., 2017). Ao aplicar as tecnologias de informação a esta prática, obtém-se o *e-coaching*.

Não há um consenso geral relativamente à definição de *e-coaching* (Veen et al., 2017), sendo que várias publicações apresentam as suas próprias definições para este conceito. A partir do estudo efetuado, foram identificadas duas definições que mais se adequam ao contexto do trabalho. Segundo (Banos and Nugent, 2018a), o *e-coaching* é o “uso de tecnologias de informação para auxiliar a mudança do comportamento de uma pessoa para melhorar o seu bem-estar”. Em (Ribbers and Waringa, 2015), *e-coaching* é definido como a prática de *coaching* através da tecnologia.

Para o presente trabalho, assume-se que o *e-coaching* é o “uso de tecnologias de informação para auxiliar a mudança do comportamento de uma pessoa para melhorar o seu bem-estar”, apresentado em (Banos and Nugent, 2018a), pois indica que tem de haver um acompanhamento do utilizador e para isso é necessário o desenvolvimento e utilização de tecnologias de informação.

A utilização do *e-coaching* é extremamente relevante na área da saúde (Banos and Nugent, 2018b), tendo o potencial de fornecer serviços de saúde à distância de um dispositivo móvel. Os focos principais do *e-coaching* na saúde são o incentivo ao exercício físico e a apresentação de regimes nutricionais adequados ao utilizador. O *e-coaching* também atua no âmbito clínico, sendo utilizado no tratamento da depressão e da insónia (A. Kamphorst, 2017).

Os sistemas de *e-coaching* são capazes de:

- Observar;
- Aprender;
- Atuar (Banos and Nugent, 2018a).

A fase inicial destes sistemas é a observação. O sistema começa por obter vários dados do utilizador, a partir de questionários ou valores obtidos através da realização de atividades sugeridas. De seguida, o sistema analisa os dados obtidos através da observação de forma a criar uma base de conhecimento que lhe permite prever comportamentos. A atuação destes sistemas é efetuada através da apresentação de recomendações ao utilizador.

Alguns sistemas de *e-coaching* já se encontram no mercado, maior parte desenvolvidos no âmbito do incentivo à atividade física. Um exemplo de sistema de *e-coaching* é o Fitbit⁵.

O propósito do Fitbit é auxiliar os seus utilizadores a atingir os seus objetivos de *fitness*. Para isso, monitoriza toda a atividade física do utilizador, bem como o seu peso e outros fatores do seu quotidiano (por exemplo, horas de sono).

O Fitbit apresenta recomendações de atividades que o utilizador deve realizar para alcançar os seus objetivos, como ilustrado na Figura 3:

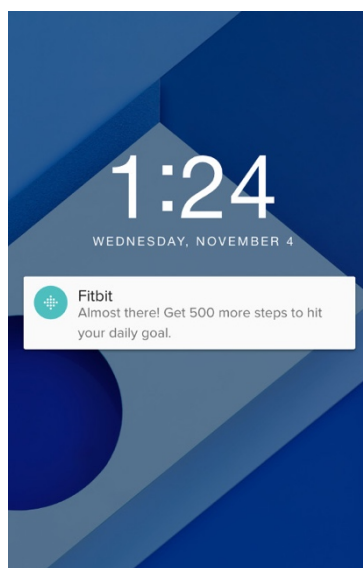


Figura 3 - Recomendação do Fitbit (“Why Fitbit,” 2018)

O Fitbit propõe aos seus utilizadores a definição de objetivos, ilustrado na Figura 4, e mantém um registo do cumprimento do objetivo, neste caso a perda de peso, ilustrado na Figura 5.

⁵ <https://www.fitbit.com/>

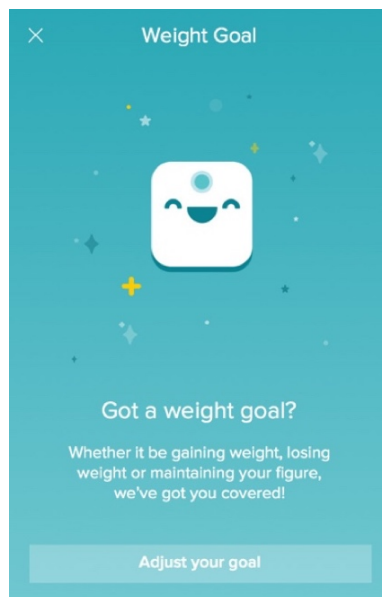


Figura 4 - Definição de objetivos no Fitbit (“Why Fitbit,” 2018)

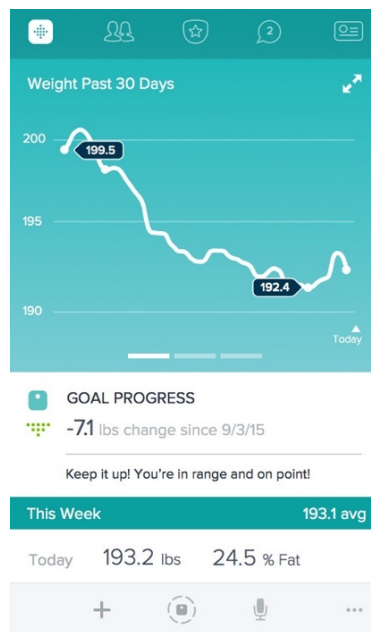


Figura 5 - Monitorização do objetivo no Fitbit (“Why Fitbit,” 2018)

2.4 Gamificação

Um termo relativamente novo, gamificação foi documentado pela primeira vez em 2008, ganhando mais popularidade a partir de 2010 (Deterding et al., 2011). Desde esse momento foram realizados vários estudos sobre o termo, em que a maioria define que a gamificação é o uso de elementos de *design* de jogos fora do seu contexto (Seaborn and Fels, 2015).

Para aplicar a gamificação é necessário implementar elementos de jogos no sistema. Segundo (Seaborn and Fels, 2015) os elementos mais utilizados são:

- Objetivos;
- Pontos;
- Troféus;
- Tabelas de classificação.

A concretização de objetivos leva à obtenção de pontos, que, ao chegar a um determinado valor, o utilizador irá receber um troféu. Ao receber troféus, o utilizador irá sentir-se motivado e irá continuar a interagir com o sistema, dado que este foi recompensado pelo seu esforço. A disponibilização de tabelas de classificação permite aos utilizadores compararem a sua posição com a dos restantes utilizadores, resultando numa competição entre estes. Esta competição potenciará a motivação dos utilizadores, que, ao quererem ficar em primeiro lugar, irão continuar a interagir com o sistema e irão realizar as tarefas que lhes foram apresentadas.

Estes elementos de jogos fornecem *feedback* ao utilizador do sistema. O *feedback* é extremamente importante no contexto da gamificação pois o utilizador fica a saber qual o seu progresso no sistema (um exemplo do *feedback* é a posição do utilizador na tabela de classificação), e o que deve fazer para progredir ainda mais, traduzindo-se numa maior utilização do sistema.

O contacto social é outro aspeto visado pela gamificação. O recurso a elementos que promovem atividades em conjunto e a apresentação de classificações dos vários utilizadores para comparação de resultados, traduz-se no crescimento da motivação destes. A realização de atividades em grupo promove a cooperação entre o grupo, de modo a que nenhum utilizador falhe a tarefa proposta (Vicente et al., 2014). Esta interação permite uma melhoria coletiva na área em que está a ser aplicada a gamificação.

A adoção da gamificação tem crescido ao longo do tempo, podendo ser encontrada em diversas áreas como saúde, educação, marketing, entre outras (Deterding et al., 2011). Isto deve-se ao facto de que é possível, com a gamificação, alterar comportamentos de utilizadores utilizando elementos de jogos, mencionados anteriormente. No caso da saúde, esta alteração de comportamentos é extremamente importante, dado que os objetivos são relacionados com a adoção de comportamentos para melhoria do estado de saúde do utilizador. O aspeto social da gamificação é algo fundamental para a área da saúde, pois, como mencionado acima, a realização de atividades em grupo leva a uma maior probabilidade de sucesso na realização da tarefa e promove o bem-estar a nível social do paciente. Relativamente à área da educação, mais especificamente na área de *e-learning*⁶, esta utiliza a gamificação de modo a motivar os estudantes a serem mais participativos e a alcançarem melhores resultados.

⁶ Processo educativo realizado através das tecnologias de informação.

Vários estudos estão a ser realizados de modo a verificar se a gamificação tem impacto na interação dos utilizadores com os sistemas disponibilizados e motivação em realizar as tarefas sugeridas pelo sistema. Na área da educação, os estudos (Mena et al., 2018) e (Cassano et al., 2018) verificam que, ao utilizar a gamificação, os estudantes tornaram-se mais conscientes da sua participação no curso e os resultados apontam que a participação destes aumentou. Relativamente à área da saúde, estudos verificam que o recurso à gamificação tem como vantagens o aumento da adesão ao sistema, redução de exacerbações da doença e aumento da qualidade de vida do paciente (Vicente et al., 2014). Em (Takahashi et al., 2016) verifica-se que, a partir da utilização da gamificação, ocorreu um aumento da atividade física dos pacientes que utilizavam o sistema. Verifica-se também que os pacientes começaram a tomar iniciativa própria para a realização da atividade física.

De uma forma geral, conclui-se que a utilização da gamificação nos sistemas leva a uma maior adesão por parte dos utilizadores e a uma maior taxa de sucesso na realização das tarefas propostas.

3 Análise de Valor

Neste capítulo irá ser estudado o valor no âmbito do sistema proposto, seguido da apresentação da proposta de valor deste, análise do processo de inovação e apresentação do modelo de negócio.

3.1 Valor

Valor define-se através dos conceitos: necessidade, desejo, interesse e preferências (Nicola et al., 2012), e a sua criação é fundamental para qualquer organização.

Tendo os clientes como foco principal na criação de um produto, é importante para a organização analisar o valor para o cliente (*Value for the customer*). O conceito de valor para o cliente é definido por Woodall (Woodall, 2003) como a “percepção pessoal da vantagem da sua associação com a oferta da organização”. Como é de esperar, diferentes clientes terão percepções distintas (*Perceived value*) do valor da oferta apresentada, devido às suas necessidades e preferências individuais.

A percepção do cliente resultará da combinação entre os benefícios e sacrifícios que a oferta apresenta ao cliente, isto é, quando os benefícios têm um peso maior que os sacrifícios apresentados, esta oferta tem um valor positivo para o cliente. De uma maneira oposta, esta oferta tem um valor negativo para o cliente.

Para avaliar o valor fornecido ao cliente, foi elaborada a Tabela 1 que apresenta os benefícios e sacrifícios associados ao projeto proposto.

Tabela 1 - Benefícios e sacrifícios para o cliente

Benefícios		Sacrifícios
Atributos	Resultados	
Portabilidade do sistema	Acompanhamento adequado do paciente	Custos do sistema
Custo reduzido	Redução de exacerbações do paciente	Adaptação ao sistema
Cuidados de saúde mais acessíveis	Melhoria do estado de saúde do paciente	
Recomendações para melhoria do estado de saúde		
Maior interação com o profissional de saúde		
Monitorização eficiente do paciente		

Como se pode verificar pela Tabela 1, os benefícios apresentados ao cliente encontram-se divididos em atributos e resultados, indicando que existe um fator temporal entre a compra e utilização do produto. Woodall (Woodall, 2003) apresenta uma perspectiva longitudinal do valor para o cliente, ilustrada na Figura 6.

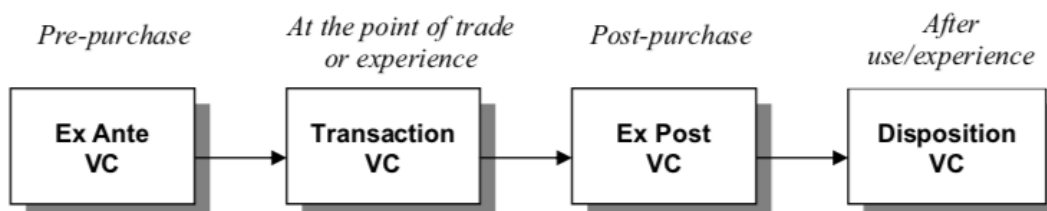


Figura 6 - Perspectiva longitudinal do valor para o cliente (Woodall, 2003)

O valor para o cliente é dividido por Woodall (Woodall, 2003) em quatro fases, sendo elas a *Pré-compra*, *Compra*, *Pós-compra* e *Após utilização*. Para cada fase avaliam-se os seus benefícios e sacrifícios associados.

Como se pode verificar no capítulo 4, os produtos atualmente existentes no mercado têm um custo elevado e carecem de funcionalidades para o acompanhamento dos pacientes, como apresentação de recomendações, logo, durante a fase de *Pré-compra*, os clientes procuram um produto acessível e eficiente para o acompanhamento e monitorização da sua doença. O sacrifício para o cliente durante esta fase será o tempo gasto durante a análise do produto.

Na fase de *Compra* o foco principal será o custo do sistema, um sacrifício para o cliente, tendo como benefícios a flexibilidade na monitorização da doença do paciente e a precisão dos dados obtidos durante esta.

Numa fase *Pós-compra* o cliente terá como benefícios a maior acessibilidade a cuidados de saúde, estando estes disponíveis através de um sistema informático, e a eficiência do acompanhamento do paciente, permitindo ao paciente que este seja monitorizado e acompanhado sem ter que se deslocar fisicamente a uma clínica, resultando numa redução de custos dos cuidados de saúde dos pacientes. Identifica-se como um sacrifício associado a esta fase a adaptação ao sistema.

Após a utilização do produto serão verificadas a redução de exacerbações e a melhoria na qualidade de vida do paciente, resultando na satisfação com o produto.

Na Tabela 2 apresentam-se os benefícios e sacrifícios de cada fase da perspetiva longitudinal aplicados ao âmbito do trabalho proposto.

Tabela 2 - Proposta da perspetiva longitudinal do produto

	Benefícios	Sacrifícios
Pré-compra	Cuidados de saúde a baixo custo Acompanhamento e monitorização eficientes Portabilidade	Tempo despendido a analisar o produto
Compra	Flexibilidade na monitorização da doença Precisão dos dados obtidos durante a monitorização	Custo do produto
Pós-compra	Maior acessibilidade a cuidados de saúde Eficiência do acompanhamento do paciente Redução de custos de cuidados de saúde	Adaptação ao produto
Após utilização	Redução de exacerbações Melhoria da qualidade de vida do paciente Satisfação com o produto	

3.2 Proposta de valor

A proposta de valor define-se como a “apresentação geral de produtos e serviços da organização que representam valor para os clientes” (Osterwalder and Pigneur, 2003).

Na proposta de valor pretende-se descrever o produto e o seu valor para o cliente, definindo o porquê deste ser único no mercado e a razão pela qual os clientes o devem escolher (Marques da Silva and Lindič, 2011).

O desenvolvimento do trabalho proposto resultará num sistema inovador no âmbito do tratamento de pacientes com DROC, potenciando a acessibilidade e eficiência dos cuidados de saúde. Este sistema permite o acompanhamento e monitorização remotos dos pacientes, promovendo a adoção de hábitos saudáveis para melhoria do estado de saúde.

3.3 Processo de inovação

A crescente evolução das tecnologias de informação tem-se traduzido num aumento do aparecimento de novos produtos no mercado, bem como numa maior exigência de qualidade por parte dos clientes. A rapidez associada a este crescimento pode comprometer a qualidade dos produtos, dado que as empresas pretendem ser competitivas e acompanhar as rápidas tendências do mercado.

De modo a garantir o desenvolvimento de um produto com qualidade e valor para os clientes foi definido um modelo que explicita as várias fases do processo de inovação, ilustrado na Figura 7:

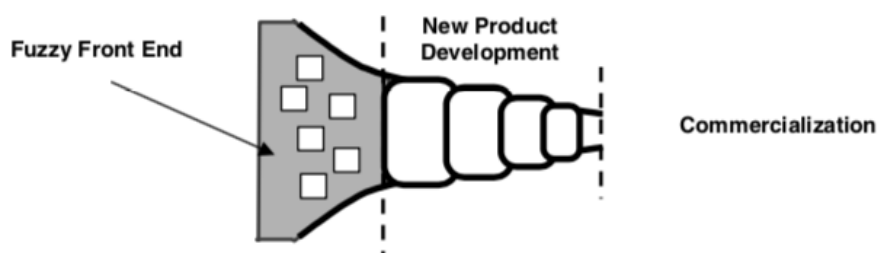


Figura 7 - Fases do processo de inovação (Koen et al., 2002)

O processo de inovação divide-se em três fases: *Fuzzy Front End* (FFE), *New Product Development* (NPD) e a comercialização.

A fase inicial do processo de inovação, *Fuzzy Front End*, visa a exploração de novas oportunidades que irão ter impacto no resto do processo (Koen et al., 2014). O modelo *New Concept Development* (NCD), apresentado na Figura 8, é usualmente aplicado de modo a descrever as atividades do FFE.

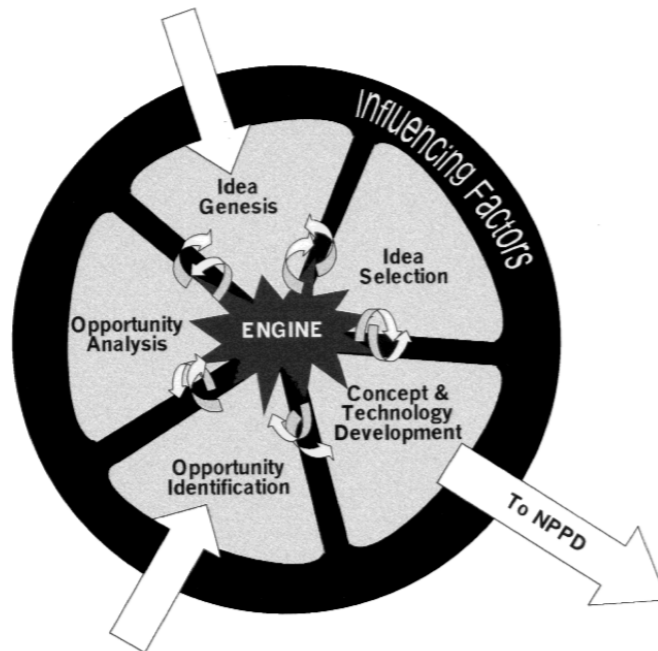


Figura 8 – Modelo New Concept Development (Koen et al., 2001)

O NCD é composto por três partes fundamentais: motor (“*Engine*”), elementos do FFE e fatores influenciadores.

O motor presente no NCD refere-se aos aspetos principais da organização, como liderança, cultura e estratégia de negócio, que dirigem os cinco elementos do FFE (Koen et al., 2002).

A parte interna do NCD apresenta os cinco elementos do FFE que são controláveis pela organização. Os elementos são enunciados a seguir:

- Identificação da oportunidade;
- Análise da oportunidade;
- Criação da ideia;
- Seleção da ideia;
- Desenvolvimento do conceito.

Os fatores influenciadores do NCD consistem na capacidade organizacional e no ambiente externo à organização, como regulamentação proposta pelo governo, clientes, clima político, entre outros. É de notar que estes fatores não são controláveis pela organização (Koen et al., 2002).

Como se pode verificar pela Figura 8, o modelo apresenta duas setas de entrada e uma de saída. As setas de entrada apontam para a “Identificação da oportunidade” e “Criação da ideia”, o que indica que o processo pode ser iniciado por um desses elementos (Koen et al., 2002). A seta de saída indica que, após a clarificação dos conceitos no NCD, estes passam para a fase de *New Product Development*.

Nas secções seguintes irão ser descritos e aplicados ao trabalho proposto cada elemento do FFE.

3.3.1 Identificação da oportunidade

Nesta fase do NCD é identificada a oportunidade a ser seguida para a criação de novas ideias na organização.

Como mencionado na secção 1.2, atualmente existem mais de mil milhões de pessoas que sofrem de DROC e especialistas preveem que este número aumente nos próximos 50 anos (“COPD,” 2018). A severidade e prevalência destas doenças na população mundial tornou as DROC numa das causas principais de morte mundialmente, prevendo-se que em 2030 estas doenças serão a terceira causa de morte da população (“Burden of COPD,” 2018).

A crescente prevalência das DROC na população e o conseqüente tratamento e acompanhamento dos pacientes tem levado a uma sobrecarga na economia e nos estabelecimentos de saúde, negligenciando o estado de saúde destes pacientes. É, então, fundamental a criação de soluções tecnológicas que permitam um acompanhamento e tratamento acessíveis, eficientes e de custo reduzido dos pacientes com estas doenças.

3.3.2 Análise da oportunidade

Nesta fase verifica-se se a oportunidade identificada anteriormente é válida para criação de novas ideias.

O desenvolvimento de soluções tecnológicas para o acompanhamento de pacientes com DROC enquadra-se no mercado da saúde móvel, *mHealth*. Para análise do potencial da criação destas soluções, recorreu-se a estudos que avaliam a dimensão do mercado do *mHealth*.

A criação de soluções para a área da saúde é suportada pelas tendências do mercado, sendo reportado pelo *Statista*⁷ que, até 2020, o mercado do *mHealth* crescerá até aos 58.8 mil milhões de dólares mundialmente, como ilustrado pelo gráfico da Figura 9:

⁷ <https://www.statista.com/>

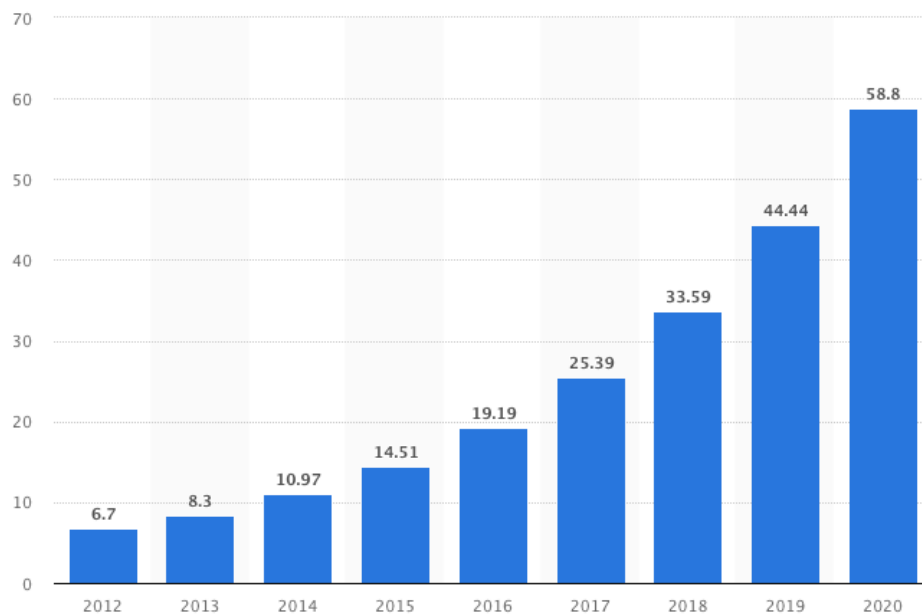


Figura 9 - Previsão do crescimento do mercado de mHealth até 2020 (“Projected global mHealth market size 2012-2020 | Statistic,” 2018)

Este crescimento do mercado é também evidenciado por outras consultoras como a *Research2Guidance*⁸, que indica que a quantidade de aplicações móveis de saúde cresceu 25% em 2017, chegando às 325000 aplicações disponíveis no mercado (“325000 mobile health apps available in 2017,” 2017). A *PricewaterhouseCoopers*⁹ indica que a Europa será um dos maiores mercados do *mHealth* e que este mercado se encontra em crescimento (PricewaterhouseCoopers, 2013).

Relativamente às opiniões dos pacientes sobre a utilização de sistemas para monitorização e gestão da sua doença, estudos (Khurana et al., 2016) (Fonseca et al., 2006) indicam que estes se encontram dispostos a utilizar soluções tecnológicas para o seu acompanhamento.

Atualmente, existem no mercado vários sistemas para monitorização remota de pacientes com DROC, como AioCare, SmartOne, SpiroSmart, entre outros (apresentados detalhadamente no capítulo 4).

Na Tabela 3 é apresentada uma comparação entre os sistemas acima mencionados.

⁸ <https://research2guidance.com/>

⁹ <https://www.pwc.com/>

Tabela 3 - Comparação entre sistemas

	Monitorização do estado de saúde	Interação com o profissional de saúde	Custo baixo	Apresentação de recomendações
AioCare	X	X		
SmartOne	X			
SpiroSmart	X		(não apresenta valores)	

Ao analisar estes sistemas, verifica-se que a maioria tem custos elevados, carecendo de uma interação entre paciente e profissional de saúde e também da apresentação de recomendações de comportamentos que o paciente deve adotar. É, então, necessária a criação de soluções de baixo custo, que possibilitem uma maior interação com o profissional de saúde, isto é, que comuniquem ao profissional de saúde os valores que vão sendo registados do paciente e também que forneçam um maior acompanhamento do paciente, ao disponibilizar recomendações adequadas de comportamentos que este deve adotar.

Após esta análise, pode-se concluir que a criação de sistemas para monitorização e acompanhamento de pacientes com DROC é uma oportunidade com um elevado potencial de sucesso, sendo sustentada pelas tendências do mercado e pelas preferências dos pacientes.

3.3.3 Criação da ideia

Esta fase é relativa à definição concreta da ideia a desenvolver. A ideia pode ser analisada em várias iterações (Koen et al., 2002), sofrendo alterações até se chegar à definição ideal.

O processo de criação da ideia no âmbito do trabalho proposto consiste, principalmente, na análise do problema em questão, apresentado em 1.2. A partir desta análise do problema exposto são formuladas várias questões a serem abordadas na definição da ideia. As questões a serem analisadas no âmbito do presente trabalho encontram-se enunciadas a seguir:

- Como reduzir a sobrecarga na área da saúde?
- Como reduzir a sobrecarga na área económica?
- Como realizar o acompanhamento do paciente no período entre consultas?
- Como realizar a monitorização constante do paciente?
- Como reduzir os custos dos cuidados de saúde dos pacientes com DROC?

Durante a discussão das respostas a estas perguntas, baseada no processo de *brainstorming*, são identificadas diversas soluções para o problema, resultando na geração de várias ideias.

3.3.4 Seleção da ideia

Após a criação e discussão de ideias é necessário selecionar a ideia que irá ser desenvolvida. Esta é uma fase crítica do processo, dado que o sucesso da organização depende da seleção da melhor ideia.

No âmbito do presente trabalho, esta fase consiste na seleção da ideia que dá resposta a todas as perguntas apresentadas na secção 3.3.3. Para cada pergunta foi elaborada a sua respetiva resposta, apresentadas a seguir:

Como realizar o acompanhamento do paciente no período entre consultas? Utilização de um sistema que permita a interação entre o paciente e o profissional de saúde fora do contexto hospitalar, recorrendo à apresentação de recomendações de comportamentos que o paciente deve adotar.

Como realizar a monitorização constante do paciente? Utilização de um sistema que registe e analise os dados relativos ao estado de saúde do paciente.

Como reduzir os custos dos cuidados de saúde dos pacientes com DROC? Atualmente, a maioria da população tem acesso, ou possui, computadores e dispositivos móveis. A solução seria aproveitar os equipamentos já adquiridos pelos pacientes, disponibilizando um sistema a ser instalado nestes, não acrescentando custos relativos aos cuidados de saúde fornecidos por este. Os cuidados de saúde fornecidos pelo sistema resultariam num maior acompanhamento do paciente e maior controlo da sua doença, reduzindo os custos associados a tratamentos e consultas de urgência. Este facto resultará, também, numa redução da sobrecarga dos hospitais (*Como reduzir a sobrecarga na área da saúde?*) e do setor económico (*Como reduzir a sobrecarga na área económica?*).

Sendo assim, a ideia selecionada é o desenvolvimento de sistema direcionado a pacientes com DROC.

3.3.5 Desenvolvimento do conceito

A fase final do processo consiste no desenvolvimento de um caso de negócio baseado no potencial do mercado, necessidades dos clientes e no risco do projeto em geral (Koen et al., 2001).

A ideia a ser seguida, no âmbito do trabalho proposto, para fornecer valor ao cliente será o desenvolvimento de um sistema, que terá como principais funcionalidades:

- Registo e análise do estado de saúde do utilizador;
- Acompanhamento remoto do utilizador;
- Apresentação de recomendações relativas a comportamentos que o utilizador deve adotar para melhorar o seu estado de saúde.

3.4 Quality Function Deployment

O *Quality Function Deployment* (QFD) (Warwick Manufacturing Group, 2007) é uma técnica utilizada para identificar os requisitos do cliente, bem como as funcionalidades do produto, relacionando-os entre si a partir de uma matriz denominada *House Of Quality* (Casa da Qualidade).

De forma a garantir um produto com elevada qualidade para o cliente, foi aplicada esta técnica no presente trabalho. A Figura 10 apresenta a Casa da Qualidade aplicada ao âmbito do sistema proposto, elaborada a partir do *template* disponibilizado por (“QFD Online,” 2019).

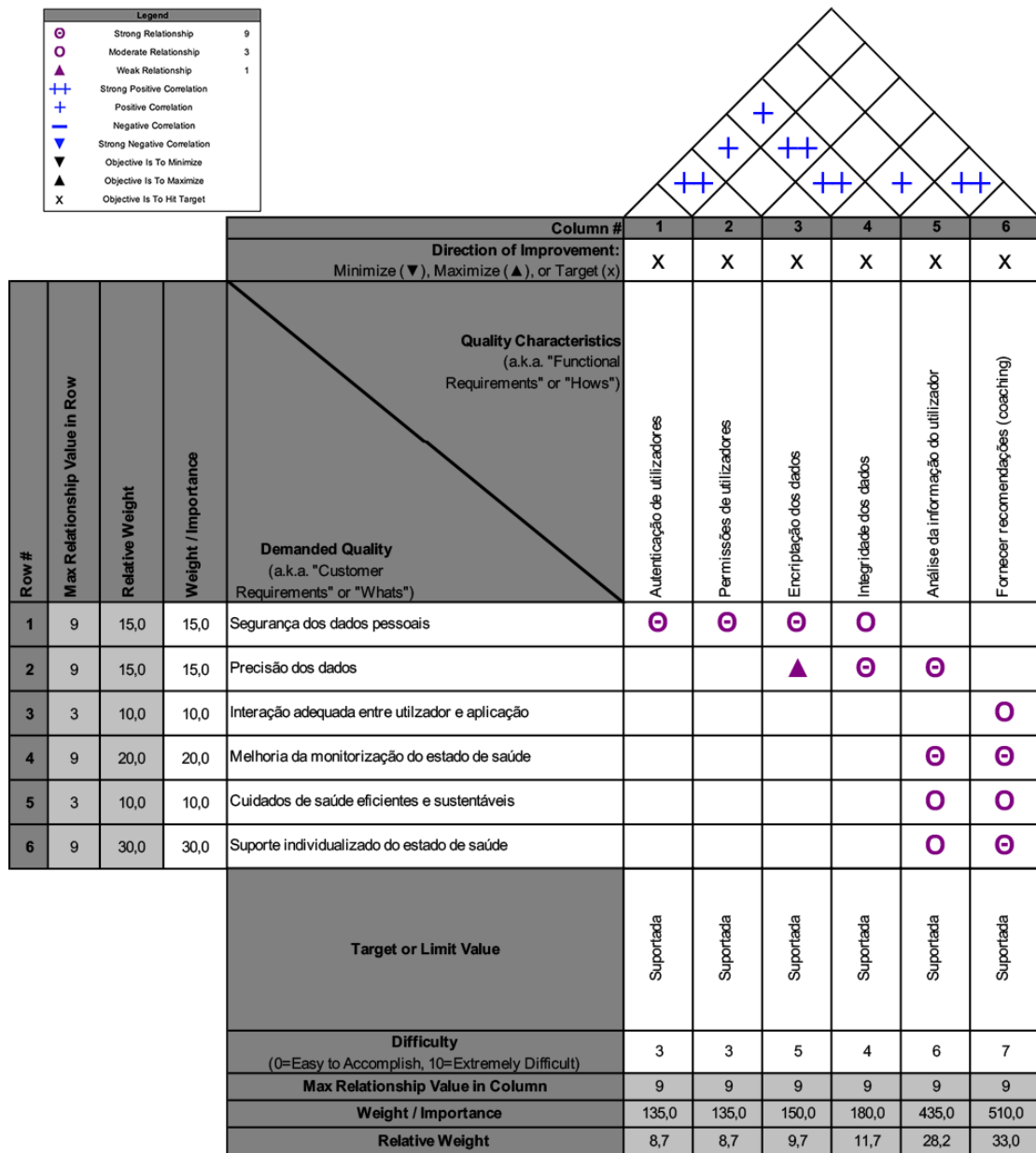


Figura 10 - Casa da qualidade do sistema proposto

Para o presente trabalho foram identificados como requisitos do cliente os seguintes pontos:

- Segurança dos dados pessoais;
- Precisão dos dados;
- Interação adequada entre utilizador e aplicação;
- Melhoria da monitorização do estado de saúde;
- Cuidados de saúde eficientes e sustentáveis;

- Suporte individualizado do estado de saúde.

Como características funcionais do sistema foram identificadas:

- Autenticação de utilizadores;
- Permissões de utilizadores;
- Encriptação dos dados;
- Integridade dos dados;
- Análise da informação do utilizador;
- Fornecer recomendações (*coaching*).

Como se pode observar pela Figura 10, a segurança dos dados pessoais encontra-se associada a funcionalidades de autenticação e permissão de utilizadores, encriptação e integridade de dados. A autenticação e permissão de utilizadores irão garantir que os dados do cliente se encontram seguros dentro do sistema, ao permitir que apenas os utilizadores com autorização possam aceder a funcionalidades específicas deste. A encriptação irá proteger os dados sensíveis, isto é, dados que possam ser associados a um utilizador específico, protegendo a sua identidade. A integridade dos dados garantirá que estes dados sensíveis não sejam alterados ou corrompidos.

Relativamente à precisão dos dados disponibilizados (como informações associadas a recomendações) ao utilizador é necessário garantir a sua integridade, de forma a que os dados não sejam corrompidos, e disponibilizar funcionalidades de análise da informação que o utilizador fornece ao sistema. Ao analisar a informação do utilizador, o sistema terá mais conhecimento sobre este, resultando numa maior precisão.

A interação adequada entre utilizador e o sistema está diretamente associada à disponibilização de recomendações personalizadas (módulo de *coaching*). A interação personalizada fornecida pelo sistema irá resultar numa interface mais intuitiva e simples ao utilizador, resultando numa maior satisfação durante o uso do sistema.

Como explicado anteriormente, a apresentação de recomendações tem como base a análise da informação do utilizador, resultando em recomendações adequadas a cada utilizador do sistema. Ao analisar informação e posteriormente fornecer recomendações personalizadas irá ser possível disponibilizar um suporte individualizado do estado de saúde do utilizador, melhorando a sua monitorização e resultando em cuidados de saúde eficientes e sustentáveis.

Relativamente às relações entre características técnicas, as funcionalidades relativas à autenticação e permissão de utilizadores, encriptação e integridade dos dados apresentam relações extremamente fortes, dado que apresentam dependências entre si e que todas contribuem para a segurança do sistema. No caso da análise de informações e disponibilização

de recomendações, estas apresentam uma relação forte entre si, estando a análise de informações relacionada também com a integridade dos dados.

No que diz respeito à importância dos requisitos do cliente, estes foram definidos numa escala de 0 a 100, como se pode verificar na Figura 10, tendo-se o *Suporte individualizado do estado de saúde*, com importância de 30, e a *Melhoria da monitorização do estado de saúde*, com importância de 20, como os requisitos mais importantes, dado que estes são vitais para o sucesso do sistema proposto. Relativamente aos restantes requisitos, seguem-se a *Segurança dos dados pessoais* e *Precisão dos dados* com importância de 15, pois os dados dos pacientes são fundamentais para o acompanhamento adequado destes, não devendo ser comprometidos. Com importância mais baixa, 10, tem-se a *Interação adequada entre utilizador e aplicação* e *Cuidados de saúde eficientes e sustentáveis*, pois são necessários para a satisfação do utilizador com o sistema proposto, mas não são vitais para o sucesso deste, como os requisitos mencionados anteriormente.

Relativamente à dificuldade das características técnicas, têm-se como características mais difíceis de cumprir a *Análise da informação do utilizador* e *Fornecer recomendações (coaching)*, relativas ao acompanhamento do paciente, e as mais fáceis são *Autenticação de utilizadores* e *Permissões de utilizadores*, relativas à segurança do sistema.

Estes valores definidos para a importância dos requisitos do cliente e para a dificuldade de cumprimento das características técnicas determinam as características com mais peso no sistema final, ou seja, as funcionalidades para o sucesso do produto. Como se pode verificar pela Figura 10, estas funcionalidades são a *Análise da informação do utilizador* e *Fornecer recomendações (coaching)*. Isto é devido ao facto de que o objetivo principal do sistema assenta na análise de dados do utilizador e conseqüente acompanhamento, ou seja, apresentação de recomendações de comportamentos a adotar.

3.5 Modelo de negócio

O modelo de negócio de uma organização define a forma como esta se “estrutura para gerar e capturar valor” (EINOV, 2018a). O modelo contempla vários aspetos relacionados com o negócio, sendo estes:

- Parceiros chave (“*key partners*”);
- Atividades chave (“*key activities*”);
- Recursos chave (“*key resources*”);
- Proposta de valor (“*value proposition*”);
- Relacionamento com clientes (“*customer relationship*”);

- Segmentos de clientes (“*customer segments*”);
- Canais (“*channels*”);
- Estrutura de custos (“*cost structure*”);
- Fontes de lucro (“*revenue streams*”).

A secção de parceiros chave no modelo de negócio refere-se aos parceiros fundamentais para o funcionamento do modelo de negócio (Nicola, 2018). Para o trabalho proposto identificaram-se como parceiros chave os centros de investigação e desenvolvimento (I&D), que potenciam a obtenção e partilha de conhecimento para o trabalho, conferências científicas, onde se irão publicar os conhecimentos obtidos durante a realização deste trabalho, e empresas na área da saúde, cuja parceria poderá levar à comercialização do projeto desenvolvido.

As atividades chave são relativas ao que deve ser feito para alcançar os objetivos propostos. Para o presente trabalho tem-se como atividades chave a investigação e desenvolvimento de algoritmos inteligentes, o desenvolvimento do sistema proposto e a posterior divulgação do sistema.

Para a realização das atividades chave propostas no modelo de negócio são necessários recursos. Os recursos chave identificados para o presente trabalho são o *software* e *hardware*, para implementação do sistema proposto, e dados clínicos obtidos pelos centros de investigação e desenvolvimento.

A proposta de valor indica qual o valor que vai ser entregue ao cliente. Para o presente trabalho apresenta-se como proposta de valor um sistema inovador no tratamento das DROC, que permite ao cliente o acompanhamento de pacientes e cuidados de saúde mais eficientes e sustentáveis (ver secção 3.2).

A secção de relacionamento com clientes refere-se ao tipo de relacionamento que irá ser estabelecido com o cliente, como assistência e suporte pós-venda (Nicola, 2018). As empresas parceiras que irão comercializar o sistema final ficarão encarregues da relação com os clientes para o suporte pós-venda.

A secção de segmentos de clientes é referente aos clientes visados pelo modelo de negócio. O trabalho proposto visa as empresas da área da saúde, seguradoras de saúde, prestadores de cuidados de saúde, como hospitais e clínicas, e os pacientes com DROC como os principais clientes.

De forma a distribuir o valor aos clientes definidos na secção de segmento de clientes é necessário identificar os canais. Os canais para este modelo de negócio são a publicação de artigos em revistas científicas, participação em conferências científicas, parcerias com as empresas da área da saúde, contacto direto com potenciais clientes (*Business To Business*),

como seguradoras de saúde e prestadores de cuidados de saúde, e divulgação do sistema final através da internet.

Relativamente à estrutura de custos, esta explicita todos os custos relativos à operação do modelo de negócio (Nicola, 2018). Para o trabalho proposto, os custos são relativos aos recursos humanos, ou seja, à equipa de investigação do projeto, aquisição de *hardware* para a realização de testes ao sistema final e a publicação de estudos em revistas científicas.

A secção relativa às fontes de lucro refere-se a como a organização irá gerar lucro. Para o presente trabalho, a principal fonte de lucro é a comercialização do sistema final.

A Figura 11 apresenta o modelo de negócio do projeto, elaborado a partir do *template* disponibilizado em (EINOV, 2018b).

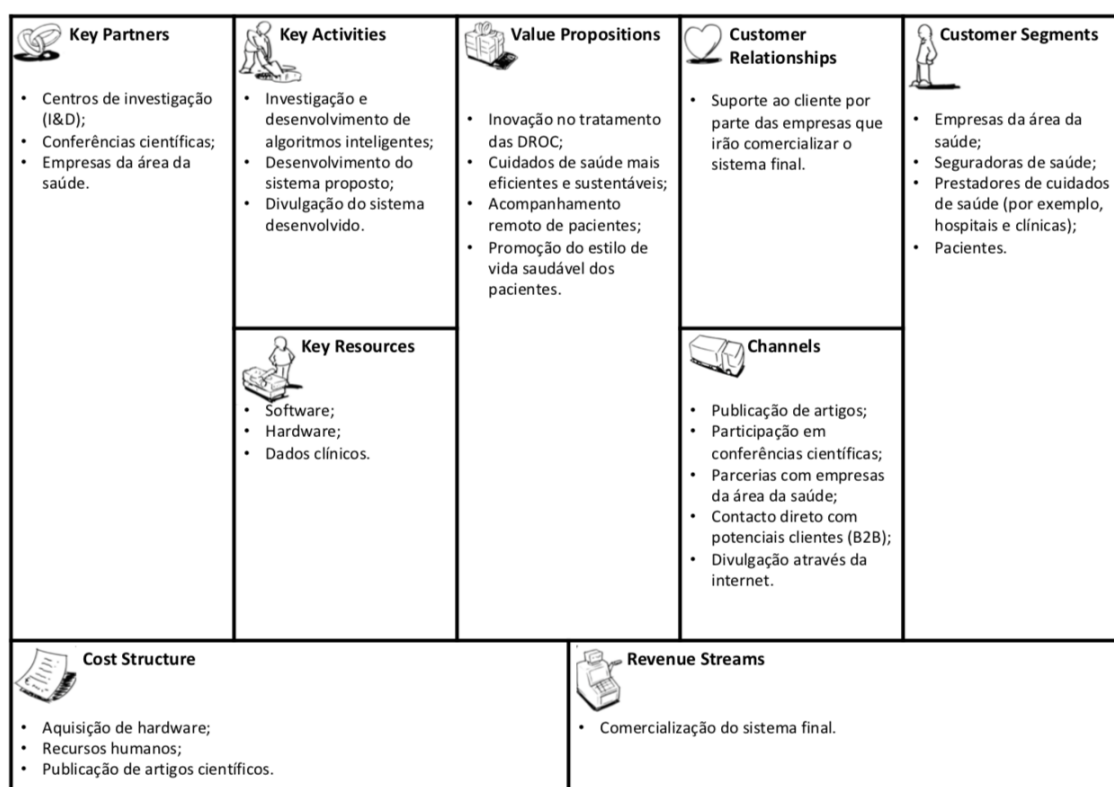


Figura 11 - Modelo de negócio

4 Estado da arte

No presente capítulo serão explorados os vários sistemas de monitorização de pacientes presentes no mercado, bem como apresentados na literatura, sendo efetuado também um estudo relativo às abordagens inteligentes utilizadas para a realização do acompanhamento personalizado dos pacientes. Este estudo é complementado pela realização de uma discussão relativa aos sistemas e abordagens inteligentes exploradas, avaliando a adequação dos métodos utilizados ao contexto do trabalho proposto.

4.1 Sistemas de monitorização

Nesta secção são apresentados os sistemas desenvolvidos para o acompanhamento e monitorização de pacientes.

4.1.1 AioCare

O AioCare¹⁰ é uma aplicação que permite manter e analisar os registos da função pulmonar do seu utilizador através de um espirómetro externo. Desenvolvida pela empresa HealthUp, sediada na Polónia, esta aplicação tem como objetivo melhorar a qualidade de vida dos pacientes com DROC analisando os resultados da função pulmonar de modo a detetar antecipadamente exacerbações que o paciente possa ter.

A aplicação apresenta ao seu utilizador as várias informações registadas, como os resultados da última medição da função pulmonar, ilustrado na Figura 12:

¹⁰ <http://aiocare.com/>

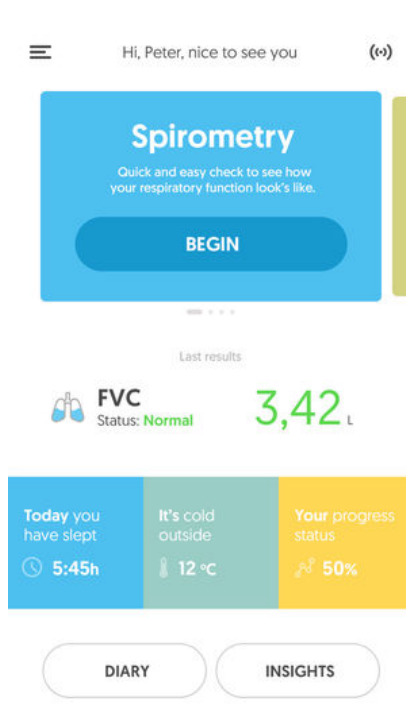


Figura 12 - Página inicial da aplicação AioCare (“App Store - AioCare,” 2018)

É também disponibilizada uma versão da aplicação só para os profissionais de saúde, onde estes conseguem aceder às informações relativas ao estado de saúde dos seus pacientes, como ilustrado na Figura 13:

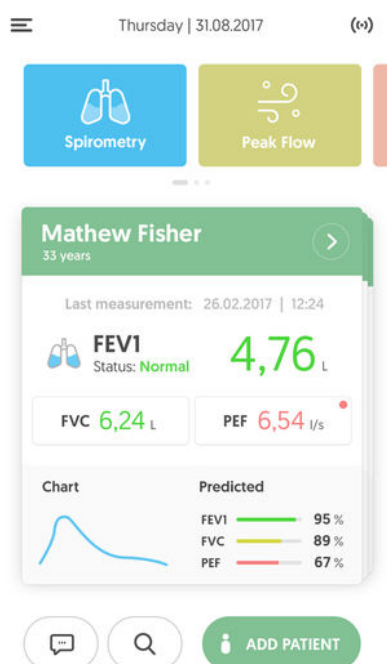


Figura 13 - AioCare para profissionais de saúde (“AioCare PRO,” 2019)

4.1.2 SmartOne

A aplicação SmartOne¹¹, desenvolvida pelo Medical International Research, em Itália, tem como principal objetivo registar a função pulmonar do seu utilizador, com recurso a um espirómetro externo.

O SmartOne apresenta os resultados de todas as medições de função pulmonar realizadas e indica se os resultados são normais ou se detetou alguma exacerbação e indica também os sintomas apresentados pelo utilizador, como ilustrado na Figura 14 e Figura 15:



Figura 14 - Resultados da aplicação SmartOne (“MIR Smart One: Peak Flow and FEV1 now available on your iOS and Android Smart Phones,” 2018)

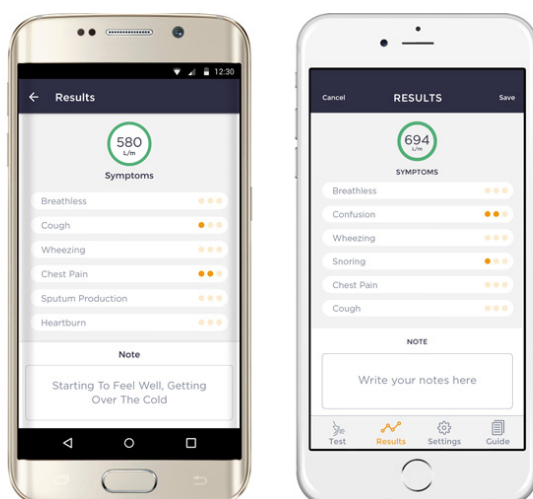


Figura 15 - Resultados e sintomas após medição da função pulmonar (“MIR Smart One: Peak Flow and FEV1 now available on your iOS and Android Smart Phones,” 2018)

¹¹ <https://www.spirometry.com/ENG/Products/smartone.asp>

A aplicação disponibiliza um gráfico onde se encontram apresentados todos os resultados obtidos da medição da função pulmonar e qual a tendência destes resultados, ilustrado na Figura 16:



Figura 16 - Tendência de resultados da aplicação SmartOne (“MIR Smart One: Peak Flow and FEV1 now available on your iOS and Android Smart Phones,” 2018)

4.1.3 Respi

A aplicação Respi, tal como as aplicações anteriormente apresentadas, permite fazer o registo da função pulmonar do seu utilizador. Esta aplicação permite visualizar os dados da última espirometria realizada, bem como todos os resultados obtidos das espirometrias anteriores, como apresentado na Figura 17:



Figura 17 - Resultados da espirometria da aplicação Respi (“Resp.io,” 2018)

A aplicação permite, em tempo real, o envio de dados ao profissional de saúde e a obtenção de informações relativas à medicação do paciente com DROC e também permite a previsão da capacidade pulmonar, de modo a prevenir exacerbações (“Resp.io,” 2018).

Os dados obtidos pela aplicação são todos registados na *cloud*, de acordo com a lei de proteção de dados em vigor na Europa e Estados Unidos (“Resp.io,” 2018), de modo a fornecer um acesso instantâneo aos dados por parte dos profissionais de saúde e pacientes.

4.1.4 CliniCloud

CliniCloud é uma aplicação móvel que utiliza um sensor externo para o registo de ritmo cardíaco e gravação de sons dos pulmões, como apresentado na Figura 18.

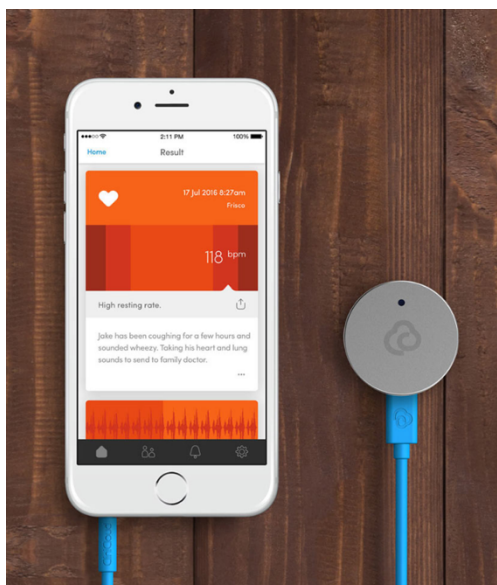


Figura 18 - Aplicação e sensor CliniCloud (“Stethoscope – CliniCloud,” 2018)

Esta aplicação permite aos seus utilizadores visualizar o histórico de registos obtidos pelo sensor e a possibilidade de partilhar as gravações com os seus profissionais de saúde a partir de email ou mensagem (“Stethoscope – CliniCloud,” 2018).

4.1.5 SpiroSmart

O SpiroSmart (C. Larson et al., 2012) é uma aplicação desenvolvida por uma equipa de investigação da universidade de Washington, nos Estados Unidos da América, que tem como objetivo a realização da espirometria utilizando apenas o microfone incluído no *smartphone*, excluindo a necessidade de utilização de um espirómetro externo.

Em comparação às aplicações anteriormente apresentadas, o SpiroSmart carece da análise em tempo real dos resultados obtidos da medição de função pulmonar, recorrendo à *cloud* para a

realização da análise dos valores obtidos. Outro ponto fraco desta aplicação é que os resultados obtidos não são tão precisos como outros sistemas existentes, devido à utilização do microfone do *smartphone*, sendo necessário adotar métodos para aumentar a precisão, como “criar uma interface que indique aos utilizadores que devem aproximar o *smartphone* enquanto o teste progride” (C. Larson et al., 2012).

4.1.6 BKSpiro

Desenvolvida por uma equipa de investigação da Hanoi University of Science and Technology, no Vietname, a aplicação BKSpiro (Tran et al., 2015) permite aos seus utilizadores medir a função pulmonar utilizando apenas o microfone do seu *smartphone*.

Esta aplicação é idêntica à descrita na secção anterior tendo também como ponto fraco a baixa precisão na medição dos valores de função pulmonar.

4.1.7 GEx

O GEx, “*Guided Exercise*”, desenvolvido no projeto *HeartCycle* (Salvi et al., 2017), é um sistema móvel para o acompanhamento da reabilitação cardíaca dos seus utilizadores. O sistema guia o paciente durante todo o processo, fornecendo recomendações de exercícios e estratégias educacionais para promover o estilo de vida saudável do paciente.

Este sistema encontra-se dividido em três partes, enunciadas abaixo e ilustradas na Figura 19:

1. Estação móvel;
2. Estação do paciente;
3. Estação do profissional.



Figura 19 - Sistema GEx (Salvi et al., 2017)

A estação móvel é composta por sensores para medir os dados vitais do paciente, como o ritmo cardíaco e a frequência respiratória, e também por uma aplicação para *smartphone* que é utilizada para a interação com o paciente. Esta estação tem como objetivo monitorizar e auxiliar

o paciente durante o exercício, obtendo os dados recolhidos pelo sensor e fornecendo *feedback* em tempo real. A interface da estação móvel encontra-se ilustrada na Figura 20:

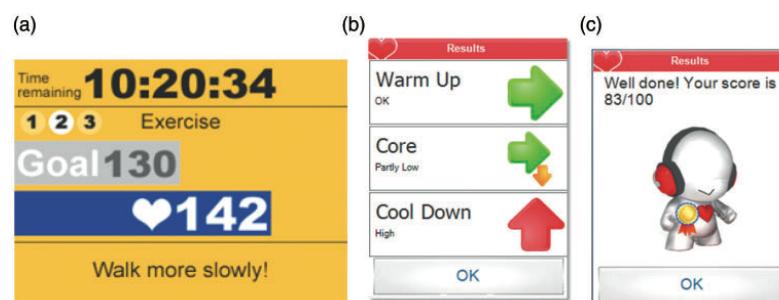


Figura 20 - Feedback da estação móvel (Salvi et al., 2017)

A estação do paciente está disponibilizada a partir de um *tablet* e destina-se à utilização por parte do paciente. É responsável por fornecer ao paciente o plano de exercícios, bem como informações relativas ao seu estado de saúde e ao progresso deste durante a utilização do sistema GEx. Esta parte do sistema fornece conteúdos educacionais ao paciente e permite sincronizar os seus dados com a estação do profissional. A Figura 21 ilustra a interface da estação do paciente:



Figura 21 - Interface da estação do paciente (Salvi et al., 2017)

A estação do profissional é uma aplicação *web* destinada ao uso dos profissionais de saúde. Esta estação permite aos profissionais a visualização das informações dos pacientes registados no sistema, a definição do plano de exercícios e a visualização do progresso dos pacientes. Caso haja algum problema com o paciente, esta estação alerta o profissional de saúde.

4.1.8 Discussão

A Tabela 4 apresenta a comparação realizada entre os sistemas apresentados anteriormente, analisando os pontos fortes e fracos destes.

Tabela 4 - Comparação entre os sistemas existentes

Nome	Pontos fortes	Pontos fracos
AioCare	Alta precisão na obtenção dos valores Disponibilização de interface para profissionais de saúde	Utilização de sensores externos (espirómetro) Não fornece recomendações
SmartOne	Apresentação da tendência da função pulmonar	Utilização de sensores externos (espirómetro) Não fornece recomendações
Respi	Envio de dados em tempo real	Utilização de sensores externos (espirómetro) Não fornece recomendações
CliniCloud	Partilha de informações com o profissional de saúde	Sensor externo Não fornece recomendações
SpiroSmart	Utilização do microfone do <i>smartphone</i>	Baixa precisão dos resultados Análise não é feita em tempo real Não fornece recomendações
BKSpiro	Utilização do microfone do <i>smartphone</i>	Baixa precisão dos resultados Não fornece recomendações
GEx	Disponibilização de interfaces para utilizador e profissional de saúde Apresentação de conteúdos educacionais Utilização de gamificação para a motivação do utilizador Apresenta recomendações ao paciente	Utilização de sensores externos

A partir da comparação dos vários sistemas de monitorização apresentados na literatura e presentes no mercado, verifica-se, como apresentado na Tabela 4, que a maioria se foca exclusivamente na monitorização dos pacientes, apenas realizando o registo e análise dos valores de função pulmonar destes, carecendo de um acompanhamento adequado por parte do profissional de saúde. Os únicos sistemas onde se verifica uma exceção a este facto são o AioCare, apresentado na secção 4.1.1, CliniCloud, apresentado na secção 4.1.4, onde os dados obtidos do paciente são enviados ao seu profissional de saúde, e o GEx, apresentado na secção

4.1.7, onde existe uma clara interação entre paciente e profissional de saúde, ao serem disponibilizadas interfaces para ambos. Analisando a existência de funcionalidades nos sistemas para a realização do acompanhamento dos seus utilizadores, verifica-se que apenas o GEx possui estas funcionalidades, ao disponibilizar recomendações sobre comportamentos que devem ser adotados.

Embora o GEx não esteja enquadrado no âmbito do tratamento das DROC, a estrutura deste vai de encontro às necessidades apresentadas na secção 1.2, ou seja, é um sistema que realiza a monitorização e fornece um acompanhamento adequado ao paciente. Ao disponibilizar interfaces para ambos os intervenientes, paciente e profissional de saúde, este sistema possibilita a interação entre estes durante o período de tempo entre consultas, garantindo que o paciente se encontre acompanhado durante todo o processo. Verifica-se, então, que este é o sistema mais completo entre todos os apresentados, sendo a sua estrutura uma abordagem adequada no âmbito do trabalho proposto.

4.2 Abordagens inteligentes

Nesta secção são identificadas e descritas as abordagens inteligentes atualmente utilizadas na literatura para a realização do acompanhamento personalizado dos utilizadores do sistema.

4.2.1 Sistemas baseados em regras

Ao analisar os sistemas de monitorização presentes na literatura, verifica-se que a maioria é baseado em regras para a personalização da sua interação com o utilizador.

O uso de regras num sistema informático permite estabelecer como este irá atuar em diferentes situações (Grosan and Abraham, 2011). Uma regra define o que o sistema irá fazer, ou seja, o *output* resultante, perante um determinado *input*, como exemplificado a seguir:

Se o *input* é x então o *output* é y

Exemplos de *inputs* utilizados por estes sistemas são os dados relativos ao utilizador, como o seu perfil, informação clínica ou tarefas que este goste de realizar (no caso de o sistema fornecer recomendações sobre atividades que este deve efetuar). Relativamente aos *outputs*, estes podem ser recomendações de comportamentos que o utilizador deve adotar.

O sistema GEx, apresentado na secção 4.1.7, baseia-se na utilização de regras para o acompanhamento personalizado do paciente. As regras utilizadas podem conter variáveis específicas, como o nome do paciente ou informações relativas ao último exercício realizado, para apresentação de mensagens personalizadas (Salvi et al., 2017).

A Figura 22 contém um exemplo das regras definidas no GEx, com recurso ao *Drools*¹², uma biblioteca para implementação de regras:

```
rule "Feedback for exercise completed, very low index"  
  
when  
    completed exercise  
    activity index is less or equal than 25  
  
then  
    Insert message "Your Exercise Score for the session  
    is $EXINDEX. This means that you seem to struggle  
    following the heart rate targets. You can improve the  
    score by exercising at the target heart rate range. Your  
    Mobile station will help you with this while exercising.  
    If the exercise plan seems too easy for you, please  
    contact your Doctor. Exercising at the right intensity  
    will improve your condition!"  
  
end
```

Figura 22 - Exemplo de regras utilizadas no GEx (Salvi et al., 2017)

No artigo (Pratiwi et al., 2018) é apresentada uma plataforma que promove a atividade física dos seus utilizadores, utilizando o *e-coaching*. Para a realização do *e-coaching*, esta plataforma recorre ao uso de regras.

As regras são utilizadas para gerar estratégias e objetivos (Pratiwi et al., 2018) para os utilizadores, sendo previamente validadas pelos profissionais de saúde. Este sistema diferencia-se dos restantes ao disponibilizar uma aplicação *web*, isto é, um especialista pode criar, alterar e remover as regras da plataforma. Esta abordagem permite uma maior flexibilidade da gestão das regras do sistema, resultando numa maior adequação das indicações fornecidas aos seus utilizadores.

No estudo apresentado em (De Pessemier and Martens, 2018) é utilizado um sistema de *e-coaching* para realizar a recomendação de atividades que o utilizador deve executar. A recomendação é baseada nas atividades previamente realizadas em conjunto com as medições feitas ao utilizador do sistema.

Tal como nos sistemas mencionados anteriormente, este sistema recorre à utilização de regras para a geração de recomendações. Este tipo de geração de recomendações, à base de regras, consiste na escolha das atividades que serão sugeridas ao utilizador ao analisar as características destas e do próprio utilizador. Após a análise das características são aplicadas as regras para classificar a atividade e o utilizador, como nível de intensidade e nível de experiência, respetivamente. Um exemplo da geração de recomendações à base de regras neste sistema é:

¹² <https://www.drools.org/>

o utilizador é muito bom a correr, logo serão recomendadas atividades de corrida intensa (De Pessemier and Martens, 2018).

Para além da geração de recomendações à base de regras, este sistema apresenta outra abordagem para o fornecimento de recomendações, sendo esta à base de *tags*. Para a recomendação baseada em *tags*, o autor do artigo aplica *tags*, ou seja, etiquetas, para descrever o tipo da atividade que irá ser realizada. Um exemplo das *tags* aplicadas é *indoor*, para atividades realizadas dentro de casa. A recomendação é gerada a partir da combinação das *tags* das atividades que o utilizador gosta com as *tags* das atividades que este já executou e também com as *tags* das novas atividades, de modo a encontrar a atividade que vá de encontro às preferências do utilizador.

Ao contrário dos sistemas explorados neste capítulo, este sistema apresenta a possibilidade de receber *feedback* dos seus utilizadores, em que estes definem, relativamente à atividade efetuada, um *feedback* positivo ou negativo. Este *feedback* permitirá ao sistema a definição das preferências do utilizador, posteriormente utilizadas para a geração de recomendações.

A Figura 23 ilustra as recomendações apresentadas ao utilizador deste sistema:

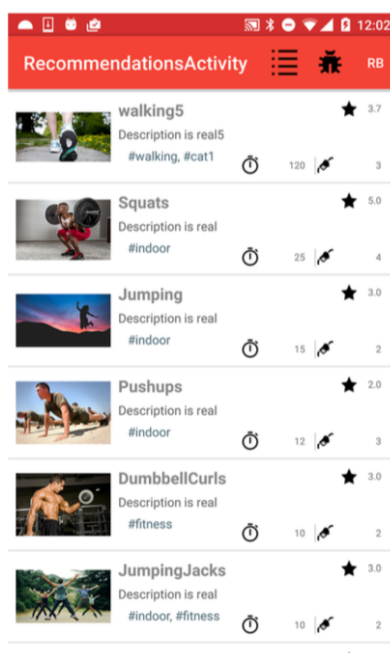


Figura 23 - Recomendação de atividades (De Pessemier and Martens, 2018)

4.2.2 Case-Based Reasoning

Para além da utilização de regras, os sistemas informáticos enquadrados no âmbito da saúde apresentam outras abordagens inteligentes para a personalização, como o *Case-Based Reasoning* (CBR). Baseado a partir do raciocínio utilizado pelos humanos para resolução de

problemas, o CBR consiste no uso do conhecimento gerado a partir da resolução de problemas anteriores para a resolução de novos problemas.

De forma a construir a base de conhecimento necessária para a resolução de problemas posteriores, esta abordagem regista a experiência obtida durante a resolução dos problemas, ou seja, quando um problema é resolvido com sucesso, é registada a experiência para resolução de problemas futuros; quando a resolução do problema falha, é identificada a causa da falha e registada para prevenir o mesmo erro em problemas futuros (Aamodt and Plaza, 1994).

Sendo assim, os passos que o CBR segue para resolução de problemas, segundo (Aamodt and Plaza, 1994), são os seguintes:

1. Obter o(s) problema(s) semelhante(s);
2. Reutilizar a informação desse problema para resolução do problema atual;
3. Rever a solução proposta;
4. Registrar a informação nova utilizada no problema atual e que pode ser utilizada no futuro.

O CBR é iniciado pela recolha, na base de conhecimento, dos problemas semelhantes ao atual, obtendo-se as suas informações, como os dados que foram utilizados para a sua resolução. A informação obtida é, então, adaptada ao problema atual, chegando-se a uma solução. Esta solução é testada e revista, pois a solução obtida pode não ser a adequada à situação atual. Finalmente, a informação utilizada na resolução do problema atual é registada na base de conhecimento para resolução de problemas futuros.

O uso do CBR nos sistemas informáticos enquadrados no âmbito da saúde tem diversas finalidades, destacando-se o auxílio ao profissional de saúde no diagnóstico de uma doença, e a sugestão de atividades personalizadas para os utilizadores do sistema (Begum et al., 2011).

Relativamente à geração de recomendações para os utilizadores destes sistemas informáticos, tem-se como exemplo o sistema apresentado em (Doyle et al., 2005), um sistema de suporte à decisão para o auxílio no tratamento de crianças com bronquiolite. Este sistema informa aos profissionais de saúde se o paciente requer mais cuidados de saúde, de acordo com o seu estado clínico. O CBR é utilizado neste sistema para a geração de recomendações (Doyle et al., 2005), iniciando este processo ao avaliar os dados clínicos do paciente, inseridos pelo profissional de saúde. De seguida, o sistema compara o caso atual com casos clínicos anteriores, verificando se estes são semelhantes. Após esta comparação, o sistema gera a recomendação e apresenta-a aos profissionais de saúde. É de notar que esta recomendação apresenta várias informações, sendo estas:

- Comparação entre as informações clínicas do caso atual e o caso clínico anterior (o que apresenta uma maior semelhança com o atual);

- Decisão a tomar, ou seja, se o paciente requer mais cuidados de saúde;
- Análise à comparação efetuada, sendo acompanhada pelo nível de certeza que o sistema apresenta na decisão recomendada.

Em (Schmidt and Vorobieva, 2006) o CBR é utilizado no auxílio da identificação das causas da pouca eficácia de terapias, fornecendo recomendações aos profissionais de saúde relativas a terapias que serão mais eficazes que as anteriores.

Em relação a outras finalidades da utilização do CBR, mencionadas acima, existem sistemas informáticos, apresentados na literatura, que auxiliam os profissionais de saúde na análise dos valores clínicos dos pacientes, como o sistema apresentado em (Yuan et al., 2008), em que o CBR é utilizado para fazer previsões personalizadas de valores da concentração de glucose no sangue do paciente.

A utilização do CBR nos sistemas informáticos requer a implementação de algoritmos que calculem a semelhança entre objetos. Para o presente trabalho foram estudados três métodos que se baseiam em fórmulas matemáticas para a determinação da semelhança entre objetos, *Euclidean Distance*, *Cosine Similarity*, e *Jaccard Index*, descritos nas secções seguintes.

4.2.2.1 Euclidean Distance

Euclidean Distance define a distância entre dois pontos no mesmo espaço através da medição do comprimento da reta que liga esses dois pontos (Barrett, 2005), como ilustrado pelo gráfico da Figura 24:

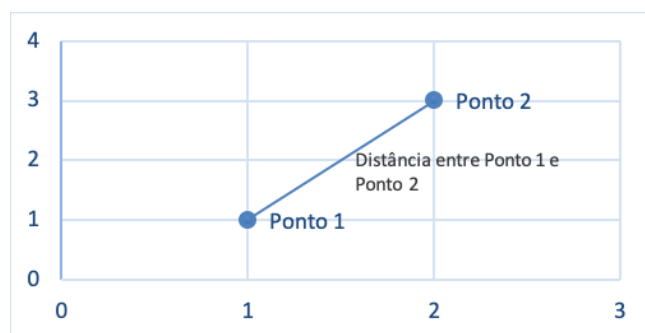


Figura 24 - Exemplo da distância entre dois pontos

Para um espaço de n dimensões e pontos P , com coordenadas (P_1, P_2, \dots, P_n) , e Q , com coordenadas (Q_1, Q_2, \dots, Q_n) , a distância é dada pela seguinte fórmula:

$$d(P, Q) = \sqrt{(Q_1 - P_1)^2 + (Q_2 - P_2)^2 + \dots + (Q_n - P_n)^2} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (Q_i - P_i)^2} \quad (1)$$

No âmbito de *data mining*¹³, *Euclidean Distance* é uma técnica utilizada para medir a semelhança entre dois objetos (Nu Phyu, 2009), em que as informações dos objetos são definidas sob forma de vetores e, de seguida, é aplicada a fórmula para verificar qual a distância entre estes. Quanto mais perto de 0 o valor da distância estiver, maior a semelhança entre os dois objetos.

4.2.2.2 Cosine Similarity

Cosine Similarity é uma técnica utilizada para determinar a semelhança entre dois objetos, representados por vetores (Sidorov et al., 2014), a partir do cosseno do ângulo formado por estes. Para dois vetores, \vec{a} e \vec{b} , a semelhança é dada pela seguinte fórmula:

$$\cos(\theta) = \frac{\vec{a} \cdot \vec{b}}{\|\vec{a}\| \|\vec{b}\|} = \frac{a_1b_1 + a_2b_2 + \dots + a_nb_n}{\sqrt{a_1^2 + a_2^2 + \dots + a_n^2} \sqrt{b_1^2 + b_2^2 + \dots + b_n^2}} \quad (2)$$

O valor da semelhança encontra-se compreendido entre -1 e 1, em que -1 corresponde ao cosseno de 180°, ou seja, os vetores têm direções opostas, e 1 corresponde ao cosseno de 0°, ou seja, os vetores têm a mesma direção. Quanto mais próximo de 1 o cosseno do ângulo formado pelos dois vetores, maior a semelhança entre os dois objetos.

Os gráficos da Figura 25 ilustram ângulos entre vetores, em que os vetores *a* e *b* apresentam direções opostas, logo não são semelhantes, e os vetores *a* e *c* apresentam direções idênticas, logo os objetos representados por estes dois vetores são semelhantes.

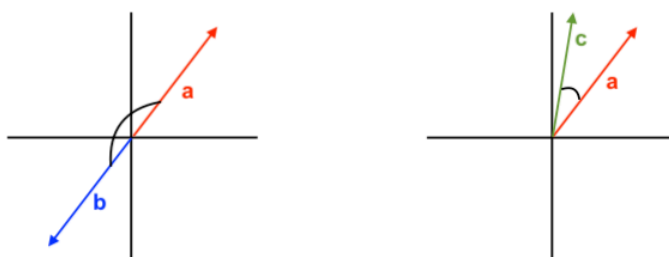


Figura 25 - Exemplo de ângulos entre vetores

Cosine Similarity é uma das técnicas mais populares na análise de documentos de texto, sendo aplicada de forma a agregar e classificar documentos (Huang, 2008). Esta técnica pode ser também integrada em sistemas de geração de recomendações, como por exemplo, gerar recomendações relativamente a filmes baseadas nas preferências de outros utilizadores que classificaram filmes semelhantes aos filmes que o utilizador já classificou (“8.2. The Cosine Similarity algorithm - Chapter 8. Similarity algorithms,” 2019).

¹³ Uso de ferramentas de análise de dados, aplicadas a grandes volumes de dados, de forma a gerar novo conhecimento (Nu Phyu, 2009).

4.2.2.3 Jaccard Index

Jaccard Index é uma técnica utilizada para a determinação da semelhança entre dois conjuntos, comparando os membros dos dois conjuntos de forma a determinar quais são partilhados pelos conjuntos e quais são distintos (Stephanie, 2016). Para conjuntos constituídos por valores binários é utilizada a seguinte fórmula para determinar a semelhança:

$$J(A, B) = \frac{|A \cap B|}{|A \cup B|} \quad (3)$$

Em que:

- $|A \cap B|$ representa o número de elementos iguais nos dois conjuntos;
- $|A \cup B|$ representa o número total de elementos nos dois conjuntos.

Para determinar a semelhança entre dois conjuntos constituídos por valores reais e positivos, x e y , tem-se a seguinte fórmula (Ioffe, 2010):

$$J(x, y) = \frac{\sum_i \min(x_i, y_i)}{\sum_i \max(x_i, y_i)} \quad (4)$$

O valor obtido através da aplicação destas fórmulas encontra-se compreendido entre 0 e 1, em que 0 indica que os conjuntos não partilham nenhum membro e 1 indica que os conjuntos são iguais. Ou seja, quanto mais perto de 1, maior a semelhança entre os conjuntos.

4.2.3 Discussão

Após a análise das duas abordagens inteligentes para a personalização do sistema, sistemas baseados em regras e CBR, descritas no presente trabalho, verifica-se que estas são aplicadas em sistemas enquadrados no âmbito da medicina. A utilização destas abordagens permite ao sistema adequar a sua interação com o paciente, de acordo com o estado clínico apresentado, como verificado na secção 4.2.2, algo fundamental para o sucesso do trabalho proposto. Desta forma, pode-se concluir que a utilização destas abordagens é adequada para a implementação do módulo de *coaching* do sistema proposto.

Relativamente aos métodos a serem implementados para a utilização do CBR no sistema proposto, é necessário realizar um estudo aprofundado destes, com recurso a testes, de forma a verificar quais os métodos mais adequados ao sistema proposto. Devido ao elevado número de dados que serão processados pelo sistema proposto, é necessário analisar a *performance* destes métodos, sendo fundamental que os métodos que serão aplicados sejam relativamente rápidos, de forma a não causar atrasos na apresentação da informação ao paciente.

5 Modelação da solução

Neste capítulo será apresentada a solução proposta para o presente trabalho. O capítulo é iniciado pela análise de requisitos funcionais e não funcionais identificados para o trabalho proposto, apresentação do modelo de domínio definido para a solução e especificação da realização dos requisitos funcionais identificados. De seguida são apresentadas as tecnologias escolhidas para a implementação da solução e, no final do capítulo, é apresentada a arquitetura definida para a solução proposta.

5.1 Análise de requisitos

Nesta secção são identificados os atores principais da solução a desenvolver, seguindo-se de uma análise dos requisitos funcionais e não funcionais, realizando uma distinção entre os requisitos do módulo de suporte individualizado e os do módulo de integração.

5.1.1 Atores principais

Relativamente ao módulo de suporte individualizado, foram identificados três atores principais:

- Gestor de saúde – entidade responsável pela gestão do conhecimento associado às DROC. O conhecimento é composto pelas regras e variáveis associadas às doenças, que indicam diferentes estados de saúde, exigindo diferentes tipos de recomendações;
- Profissional de saúde – entidade que acede à informação clínica do paciente, realizando a monitorização e acompanhamento deste;
- Sistema – encarregue do processamento do conhecimento, isto é, toda a informação adquirida dos vários intervenientes, e do envio de recomendações.

No âmbito do módulo de integração, identifica-se como ator principal:

- Sistema – responsável pela comunicação entre os vários módulos existentes.

É de notar que o paciente não se encontra incluído nos atores principais identificados acima, pois este não interage diretamente com o sistema proposto no presente trabalho. O paciente interage diretamente com a aplicação móvel do projeto AIRDOC, como descrito na secção 2.1, e as informações desta interação são posteriormente enviadas ao módulo de *coaching*.

5.1.2 Requisitos funcionais

De forma a distinguir os casos de uso do módulo de suporte individualizado e do módulo de integração foram utilizadas as seguintes notações:

- UC1.x – refere-se aos casos de uso do módulo de suporte individualizado;
- UC2.x – refere-se aos casos de uso do módulo de integração.

Na Figura 26 apresentam-se os casos de uso relativos ao módulo de suporte individualizado.

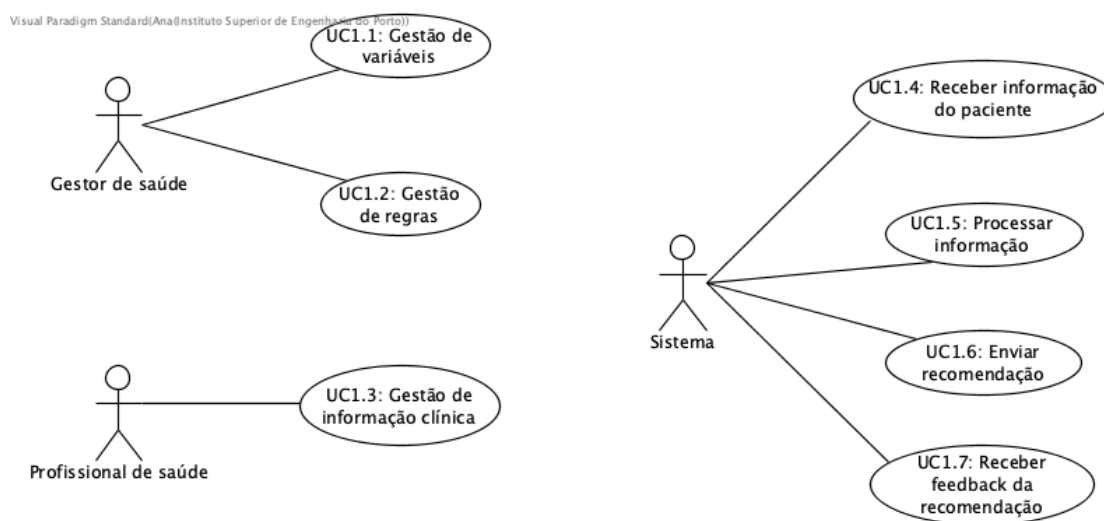


Figura 26 - Diagrama de casos de uso do módulo de suporte individualizado

Os casos de uso relativos ao módulo de integração encontram-se apresentados na Figura 27:

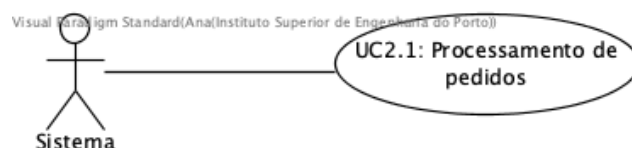


Figura 27 - Diagrama de casos de uso do módulo de integração

Nas secções seguintes são descritos os casos de uso a partir dos seus cenários de sucesso principal e respetivos diagramas de sequência de sistema. É de notar que, para os casos de uso

do sistema (1.4, 1.5, 1.6, 1.7 e 2.1), não são apresentados diagramas de sequência do sistema, sendo apresentado na secção 5.3.4 o diagrama de sequência que descreve o processo que envolve estes casos de uso.

5.1.2.1 UC1.1: Gestão de variáveis

Este caso de uso envolve todo o processo de gestão das variáveis existentes no módulo de suporte individualizado, isto é, este caso de uso visa a criação, alteração, visualização e remoção de variáveis.

Sendo assim, a seguir apresenta-se o cenário de sucesso que engloba o processo geral para o acesso a todas as funcionalidades visadas por este caso de uso:

- O gestor de saúde seleciona a opção de gestão de variáveis. O sistema apresenta uma lista com as variáveis presentes no módulo e as funcionalidades disponíveis (criação de uma nova variável, visualização de informações, edição e remoção da variável presente na lista). O gestor de saúde seleciona a funcionalidade pretendida.

Especificando o cenário de sucesso anterior, para cada funcionalidade têm-se os seguintes casos de sucesso principais, acompanhados pelos diagramas de sequência de sistema respetivos.

Visualização: O gestor de saúde seleciona a funcionalidade de visualização das informações da variável pretendida. O sistema apresenta as informações da variável.

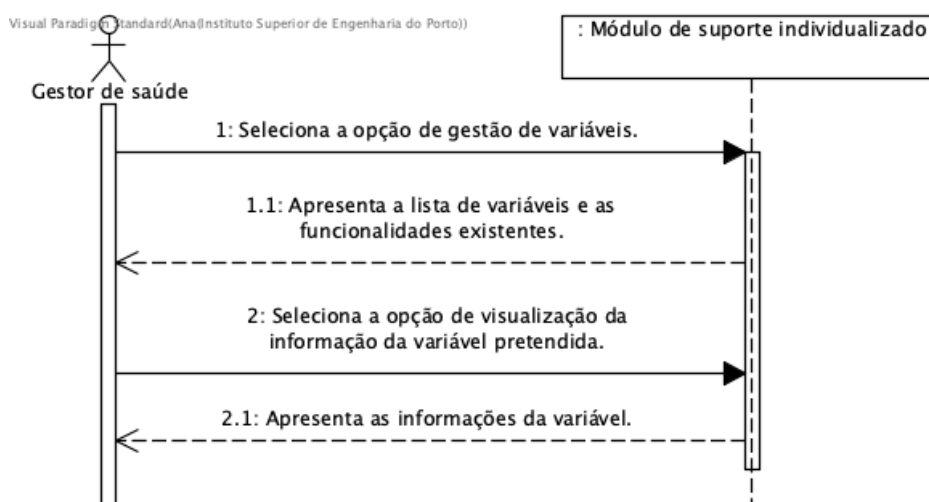


Figura 28 - Diagrama de sequência de sistema de visualização de uma variável

Criação: O gestor de saúde seleciona a funcionalidade de criação de uma nova variável. O sistema solicita os dados associados à variável. O gestor de saúde introduz a informação. O sistema valida e cria uma nova variável.

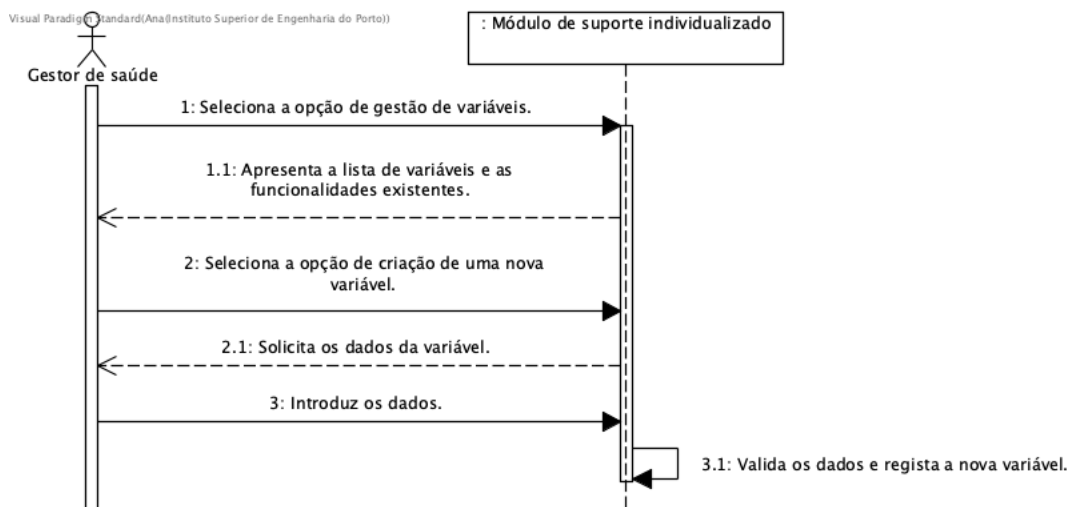


Figura 29 - Diagrama de sequência de sistema para criação de uma variável

Edição: O gestor de saúde seleciona a funcionalidade de edição da variável pretendida. O sistema apresenta as informações da variável. O gestor de saúde edita as informações pretendidas e confirma. O sistema regista as alterações.

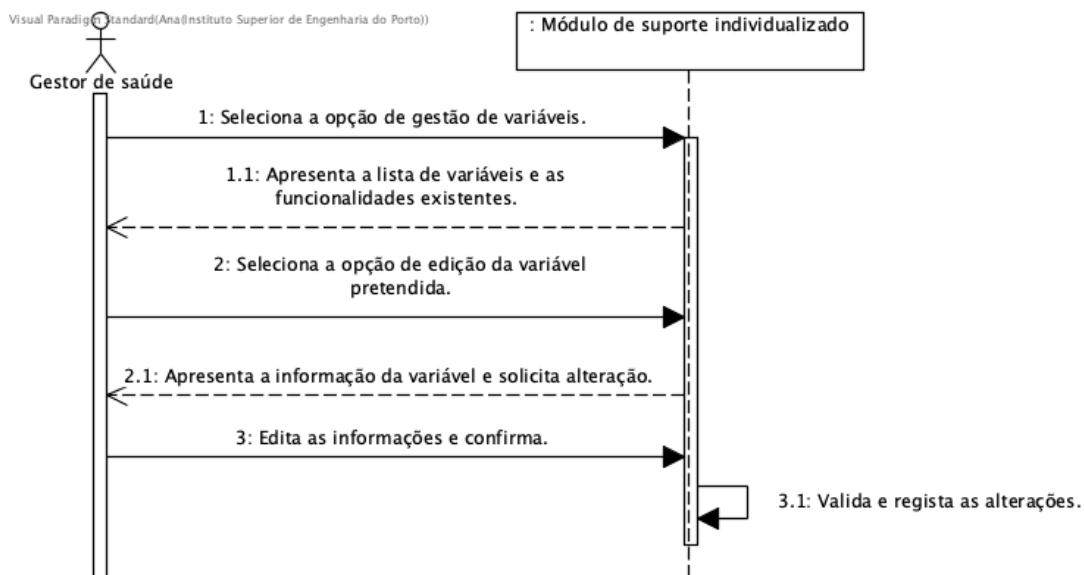


Figura 30 - Diagrama de sequência de sistema para edição de uma variável

Remoção: O gestor de saúde seleciona a funcionalidade de remoção da variável pretendida. O sistema apresenta as informações da variável e solicita confirmação. O gestor de saúde confirma. O sistema remove a variável.

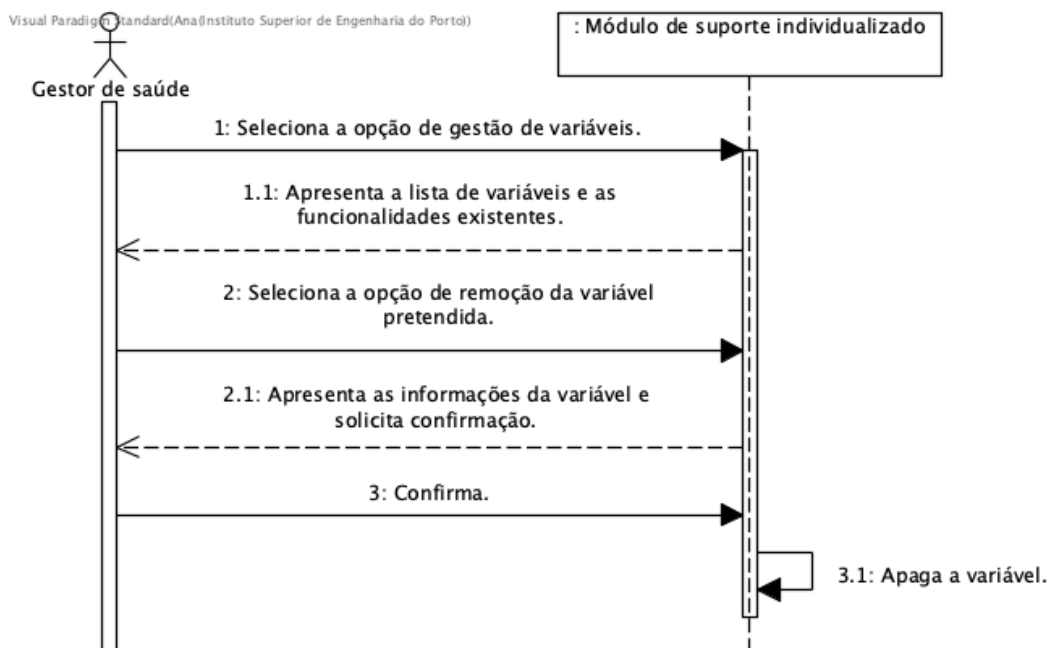


Figura 31 - Diagrama de sequência de sistema para remoção de uma variável

5.1.2.2 UC1.2: Gestão de regras

O caso de uso 1.2 envolve todo o processo de gestão de regras existentes no módulo, ou seja, este caso de uso engloba as funcionalidades de criação, edição, remoção e visualização das regras.

Tal como na secção anterior, 5.1.2.2, a seguir será apresentado o cenário de sucesso que engloba o processo geral para acesso às funcionalidades visadas por este caso de uso:

- O gestor de saúde seleciona a opção de gestão de regras. O sistema apresenta uma lista com as regras existentes no módulo e as funcionalidades associadas (criação de uma nova regra ou visualização de informações, edição e remoção de regras). O gestor de saúde seleciona a funcionalidade pretendida.

A seguir, apresentam-se os cenários de sucesso principais específicos para cada funcionalidade visada por este caso de uso, acompanhados pelos respetivos diagramas de sequência de sistema.

Visualização: O gestor de saúde seleciona a opção de visualizar informações da regra pretendida. O sistema apresenta as informações.

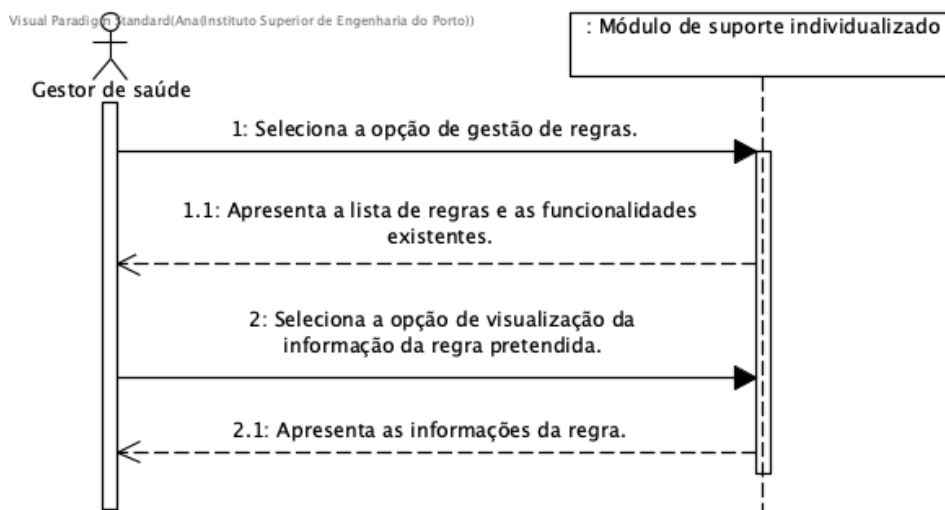


Figura 32 - Diagrama de sequência de sistema de visualização de regras

Criação: O gestor de saúde seleciona a opção de criação de uma nova regra. O sistema solicita as informações associadas à regra. O gestor de saúde insere as informações e confirma. O sistema regista a nova regra.

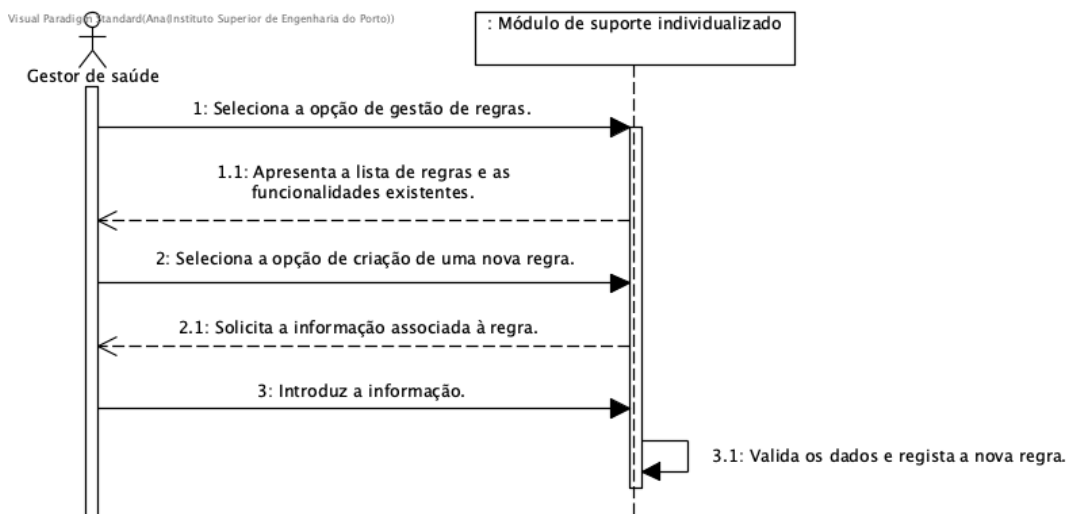


Figura 33 - Diagrama de sequência de sistema de criação de uma regra

Edição: O gestor de saúde seleciona a opção de edição da regra pretendida. O sistema apresenta as informações da regra. O gestor de saúde altera as informações pretendidas e confirma. O sistema regista as alterações.

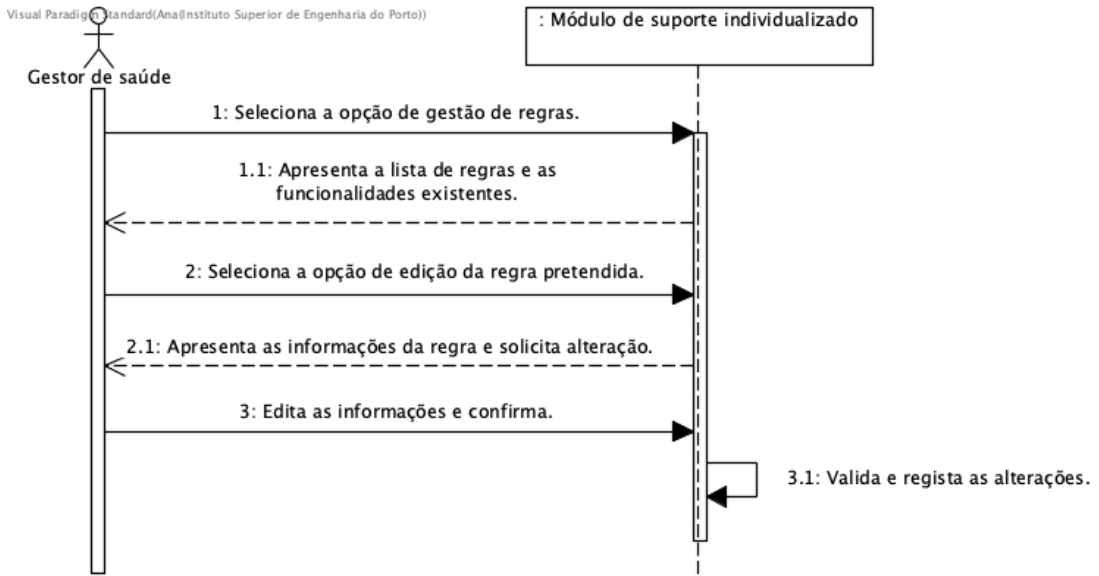


Figura 34 - Diagrama de sequência de sistema de edição de uma regra

Remoção: O gestor de saúde seleciona a opção de remoção da regra pretendida. O sistema apresenta as informações da regra e solicita confirmação. O gestor de saúde confirma. O sistema remove a regra.

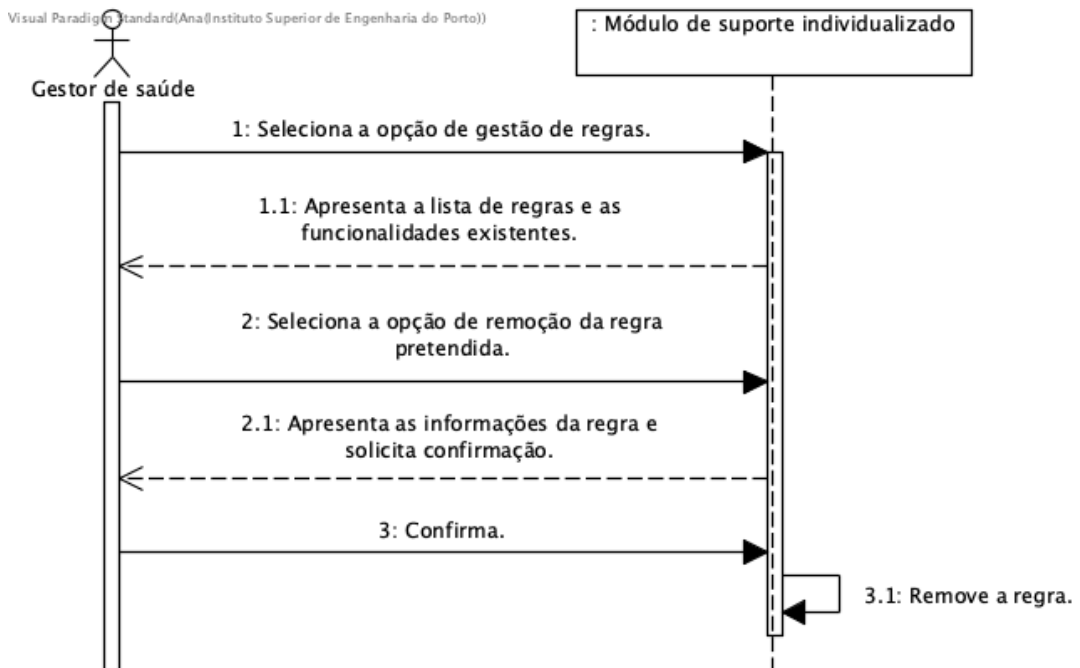


Figura 35 - Diagrama de sequência de sistema de remoção de uma regra

5.1.2.3 UC1.3: Gestão de informação clínica

Este caso de uso envolve a gestão da informação clínica dos pacientes por parte do profissional de saúde, ou seja, abrange a criação, edição, remoção e visualização da informação clínica dos pacientes presentes no sistema.

Sendo assim, a seguir é apresentado o cenário de sucesso geral para acesso a todas as funcionalidades visadas por este caso de uso:

- O profissional de saúde seleciona a opção de gestão de informação clínica. O sistema apresenta a lista de pacientes e as respectivas funcionalidades (criação, edição, remoção e visualização de informação).

A seguir, são especificados os cenários de sucesso para cada funcionalidade visada por este caso de uso, acompanhados pelos respectivos diagramas de sequência de sistema.

Visualização: O profissional de saúde seleciona a opção de visualizar a informação clínica do paciente pretendido. O sistema apresenta a informação clínica.

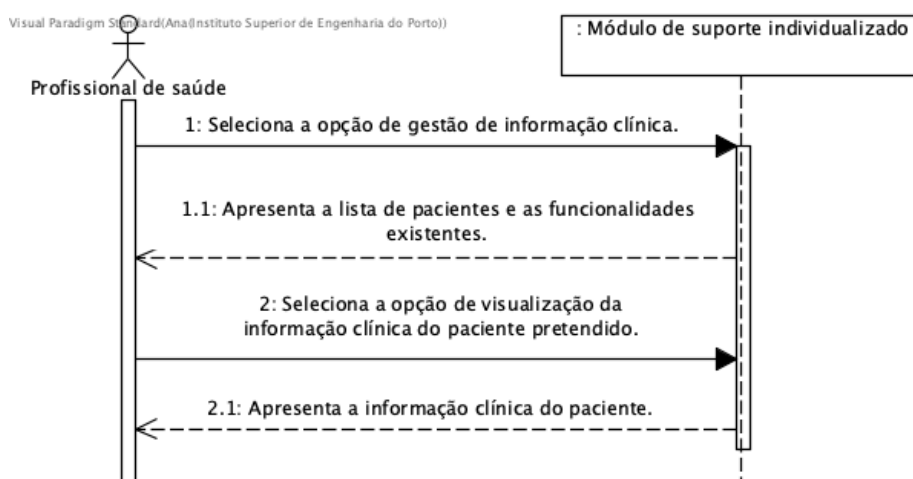


Figura 36 - Diagrama de sequência de sistema para visualização de informação clínica

Criação: O profissional de saúde seleciona a opção de inserir informação clínica de um paciente. O sistema solicita a informação. O profissional de saúde insere a informação e confirma. O sistema regista a informação clínica do paciente.

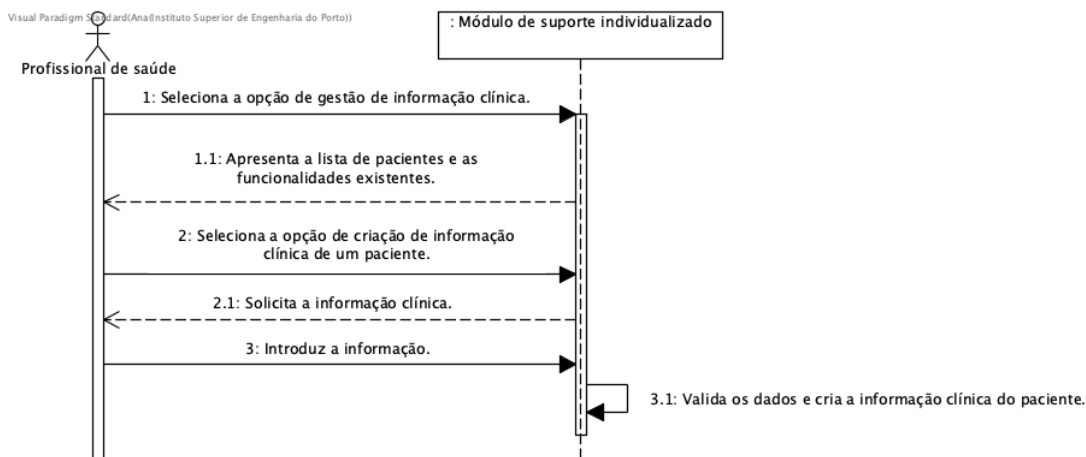


Figura 37 - Diagrama de sequência de sistema para criação de informação clínica

Edição: O profissional de saúde seleciona a opção de edição da informação clínica do paciente pretendido. O sistema apresenta a informação do paciente. O profissional de saúde edita a informação e confirma. O sistema regista as alterações.

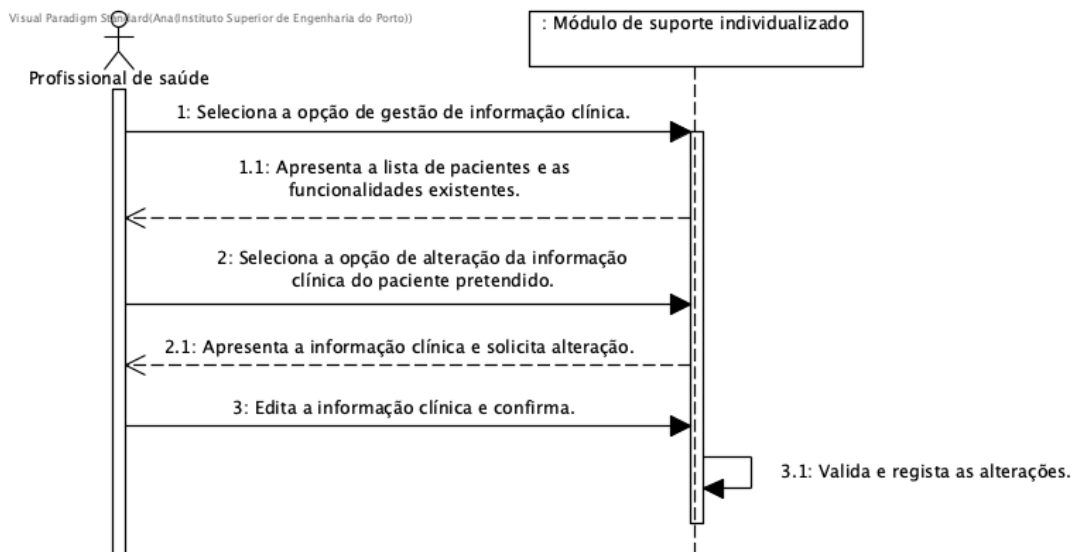


Figura 38 - Diagrama de sequência de sistema de edição de informação clínica

Remoção: O profissional de saúde seleciona a opção de remoção da informação clínica do paciente pretendido. O sistema apresenta a informação e solicita confirmação. O profissional de saúde confirma. O sistema remove a informação clínica do paciente.

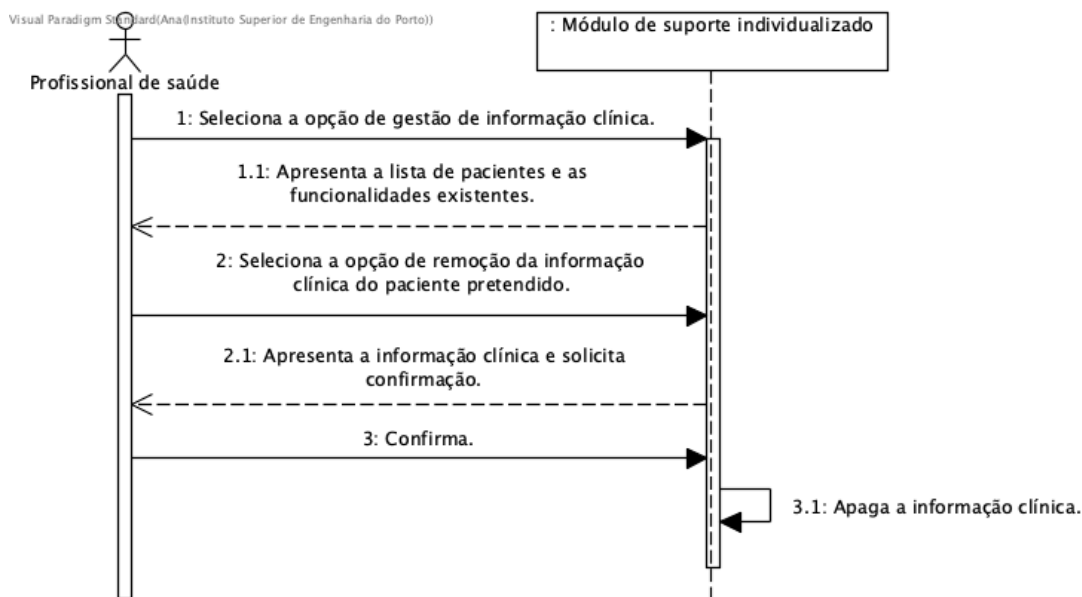


Figura 39 - Diagrama de sequência de sistema de remoção de informação clínica

5.1.2.4 UC1.4: Receber informação do paciente

O caso de uso 1.4 consiste na receção da informação do paciente, proveniente do módulo de integração. Esta informação pode ser relativa a dados do perfil de utilizador, preferências ou informação clínica do paciente.

O cenário de sucesso principal para o presente caso de uso é o seguinte:

- O sistema recebe a informação do paciente. O sistema valida a informação e regista-a na sua base de dados.

5.1.2.5 UC1.5: Processar informação

O caso de uso 1.5 consiste no processamento da informação do utilizador do sistema. Esta informação é obtida através da realização do caso de uso anterior, descrito na secção 5.1.2.4.

O cenário de sucesso principal é o seguinte:

- O sistema inicia o processamento da informação. O sistema obtém a informação relevante na base de dados. O sistema processa a informação, gerando as respetivas recomendações.

5.1.2.6 UC1.6: Enviar recomendação

O caso de uso 1.6 é iniciado após a realização do caso de uso anterior, relativo ao processamento da informação, e consiste no envio das recomendações geradas. As recomendações geradas são enviadas para o módulo de integração, que, de seguida, irá reencaminhar as recomendações para os pacientes.

O cenário de sucesso principal é:

- O sistema inicia o processo de envio de recomendação. O sistema obtém a recomendação pretendida a partir da base de dados. O sistema envia a recomendação para o módulo de integração.

5.1.2.7 UC1.7: Receber feedback da recomendação

O presente caso de uso consiste na receção do *feedback* relativo à recomendação. Este *feedback* (por exemplo: se achou a recomendação adequada ou se gostou da recomendação) é fornecido pelo paciente, que é posteriormente enviado pelo módulo de suporte individualizado a partir do módulo de integração.

O cenário de sucesso principal deste caso de uso é o seguinte:

- O sistema recebe o *feedback*. O sistema regista o *feedback* na sua base de dados.

5.1.2.8 UC2.1: Processamento de pedidos

O caso de uso 2.1 consiste no processamento de pedidos que o módulo de integração recebe dos restantes módulos presentes no projeto AIRDOC.

Sendo assim, o cenário de sucesso principal para este caso de uso é:

- O sistema recebe o pedido. O sistema processa as informações presentes no pedido. O sistema reencaminha as informações para os módulos respetivos.

5.1.3 Requisitos não funcionais

Nesta secção são identificados os requisitos não funcionais do trabalho proposto, dividindo-se no âmbito do módulo de suporte individualizado e do módulo de integração.

5.1.3.1 Módulo de suporte individualizado

No âmbito do módulo de suporte individualizado, identificaram-se requisitos não funcionais que se enquadram nos seguintes atributos de qualidade:

1. Segurança;
2. Integridade;
3. Usabilidade;
4. Fiabilidade;
5. Desempenho;

6. Requisitos de interface.

No âmbito da segurança do módulo, identificam-se como requisitos a necessidade da existência de autenticação de utilizadores e permissões de utilizadores, de forma a que estes só acedam a dados e funcionalidades permitidos. Estes requisitos contribuirão para a integridade do módulo, garantindo que os dados não sejam alterados por utilizadores não autorizados.

Relativamente à usabilidade do módulo, tem-se que a interface para interação com utilizadores do módulo deve ser de fácil utilização.

Em termos da fiabilidade do módulo, identificou-se como um requisito a necessidade de este ser desenvolvido tendo em consideração a necessidade de interoperabilidade, isto é, capacidade de comunicação, com outros módulos, como o módulo de integração.

O desempenho do módulo também é visado nos requisitos não funcionais, sendo que este deve ser rápido durante o processamento da informação.

Relativamente a requisitos de interface, foi identificado que é necessário que o módulo suporte pedidos HTTP/REST para comunicação com os restantes módulos do sistema.

5.1.3.2 Módulo de integração

Relativamente ao módulo de integração, identificaram-se requisitos não funcionais enquadrados nos seguintes atributos de qualidade:

1. Segurança;
2. Integridade;
3. Fiabilidade;
4. Desempenho;
5. Requisitos de interface.

Tal como no módulo de suporte individualizado, é imperativa a segurança do módulo de integração, garantindo que apenas utilizadores autorizados tenham acesso a este e também que apenas os módulos associados a este módulo tenham acesso às informações deste (a partir de pedidos ao módulo de integração). A segurança do módulo de integração levará à integridade dos dados processados, algo visado nos requisitos não funcionais.

Dado que este módulo irá realizar a integração com os restantes módulos do AIRDOC, identificou-se como requisito de fiabilidade a necessidade de este ser desenvolvido tendo em conta a interoperabilidade dos vários módulos.

Relativamente ao desempenho do módulo, identificou-se como requisito não funcional a necessidade deste ser rápido durante o processamento da informação.

Como requisito de interface identificou-se a necessidade de o módulo de integração suportar pedidos HTTP/REST para a comunicação entre os vários módulos presentes no projeto AIRDOC.

5.2 Modelo de domínio

Para representar as várias entidades que estarão presentes na solução final, foi elaborado o modelo de domínio representado na Figura 40:

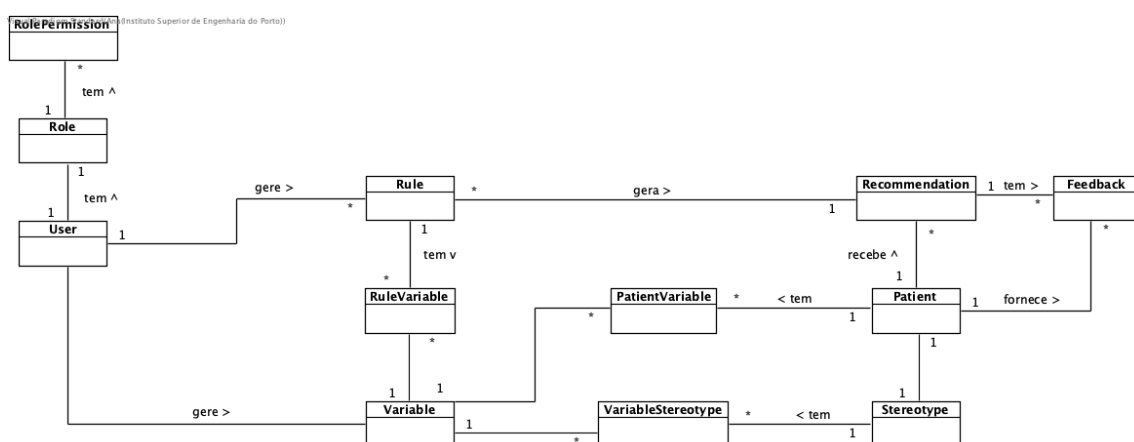


Figura 40 - Modelo de domínio do módulo de suporte individualizado

User representa o utilizador do módulo de suporte individualizado, que executará as várias funcionalidades disponíveis neste, apresentadas na secção 5.1.2, de acordo com a sua função (*role*).

Role representa uma determinada função no módulo de suporte individualizado, definindo o tipo do utilizador neste sistema, como, por exemplo, profissional de saúde ou gestor de saúde. Ao *Role* encontram-se associadas permissões (*RolePermission*) que autorizam o acesso a determinadas operações presentes no módulo.

Rule corresponde às regras que serão utilizadas pelo módulo de suporte individualizado para a geração de recomendações (*Recommendation*). Estas regras terão variáveis (*Variable*) associadas, que serão utilizadas durante o processamento de dados para geração de recomendações.

RuleVariable corresponde à associação entre a regra e a variável associada, no sentido em que uma variável pode ser utilizada por várias regras.

Patient representa o paciente, destinatário das recomendações que serão geradas e que fornecerá, posteriormente, o respetivo *feedback*. O paciente terá a sua informação clínica

presente no módulo, sendo representada pelo objeto *PatientVariable*, correspondente à associação entre uma variável e o paciente, que indica qual o valor clínico que este apresenta para a variável indicada.

Stereotype representa o estereótipo em que o paciente se enquadra, indicando as suas características e perfil clínico. Para indicação destas características, o estereótipo tem variáveis associadas.

VariableStereotype corresponde à associação entre a variável e o estereótipo, dado que uma variável pode estar presente em vários estereótipos.

Feedback corresponde à avaliação que o paciente realizará relativamente à recomendação gerada, esta avaliação indicará, por exemplo, se o paciente gostou da recomendação ou se a achou adequada.

5.3 Design

Nesta secção é especificada a realização dos casos de uso apresentados na secção 5.1.2, com recurso a diagramas de sequência.

5.3.1 UC1.1: Gestão de variáveis

Como mencionado anteriormente, este caso de uso divide-se em quatro funcionalidades:

- Visualização da informação da variável;
- Criação de uma nova variável;
- Edição de uma variável;
- Apagar uma variável.

Sendo assim, a realização deste caso de uso foi especificada através de quatro diagramas de sequência.

5.3.1.1 Visualizar informação da variável

O diagrama de sequência da Figura 41 ilustra o processo de visualização das informações associadas à variável.

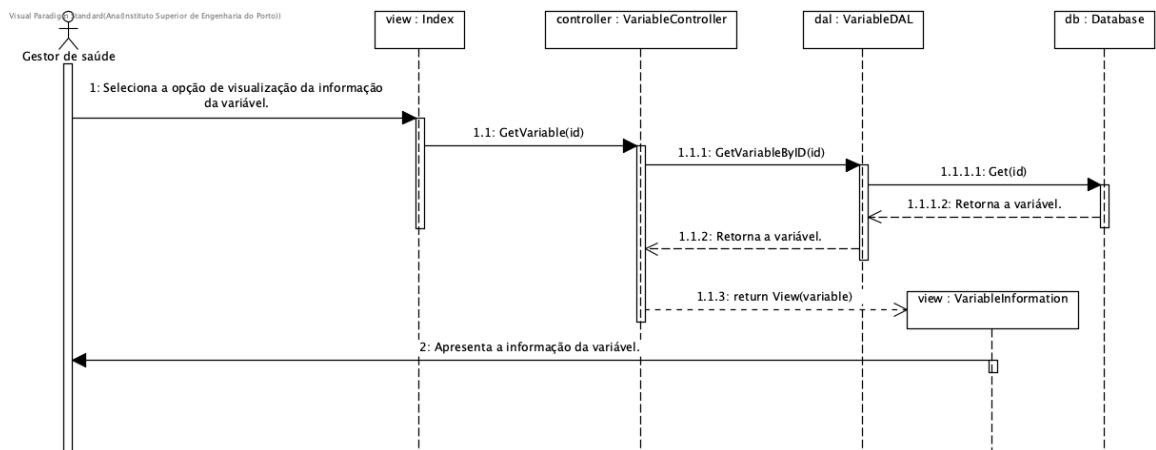


Figura 41 - Diagrama de seqüência de visualização de uma variável

Como se pode verificar no diagrama anterior, o processo de visualização de informações inicia-se pela seleção, do gestor de saúde, da opção de visualização dos dados da variável. De seguida, o *controller*, *VariableController*, encarrega-se de obter os dados da variável (ponto 1.1.1 do diagrama), recorrendo à DAL, *VariableDAL*, que procura a variável, a partir do seu id, na base de dados, *Database*.

Após obter a informação da variável pretendida, o *controller* retorna a informação ao gestor de saúde, apresentando-lhe uma *view*, *VariableInformation*, com os respetivos dados (ponto 1.1.3 do diagrama).

5.3.1.2 Criar uma variável

O diagrama de seqüência da Figura 42 ilustra o processo de criação de uma nova variável:

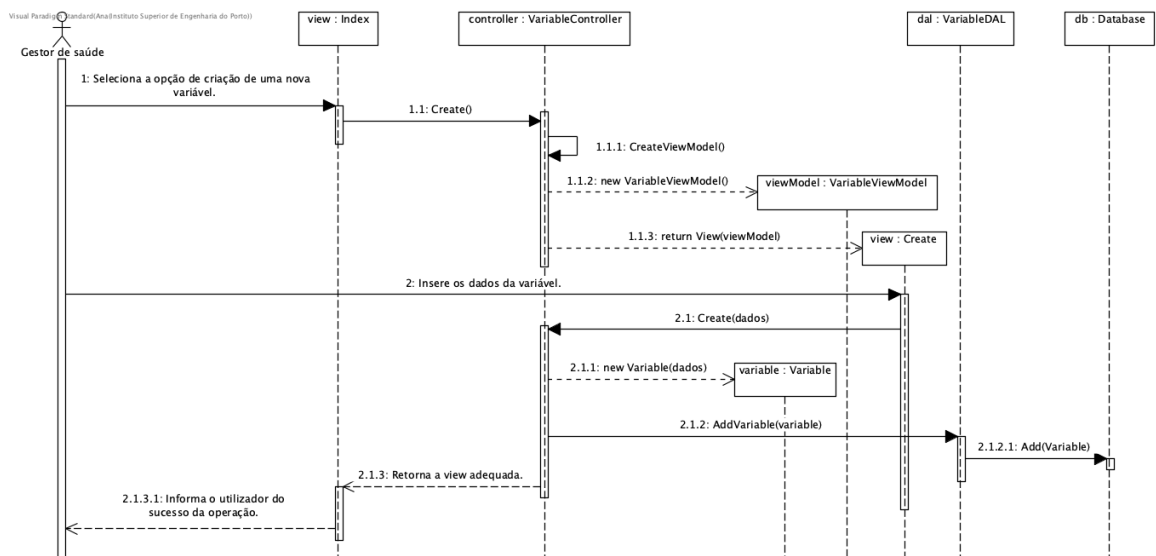


Figura 42 - Diagrama de seqüência de criação de uma variável

O processo de criação de uma variável inicia-se pela seleção da respetiva opção no módulo de suporte individualizado. De seguida, o *controller*, *VariableController*, cria um *ViewModel* (ponto 1.1.2 do diagrama), *VariableViewModel*, para a inserção da informação necessária da variável e apresenta-a ao utilizador, disponibilizando uma *view*, *Create*, para o efeito.

Após a inserção dos dados da variável por parte do gestor de saúde, o *controller* cria um novo objeto para a variável (ponto 2.1.1 do diagrama), *Variable*, recorrendo à DAL, *VariableDAL*, para armazenamento na base de dados.

5.3.1.3 Editar uma variável

O diagrama de sequência da Figura 43 ilustra o processo de edição de uma variável:

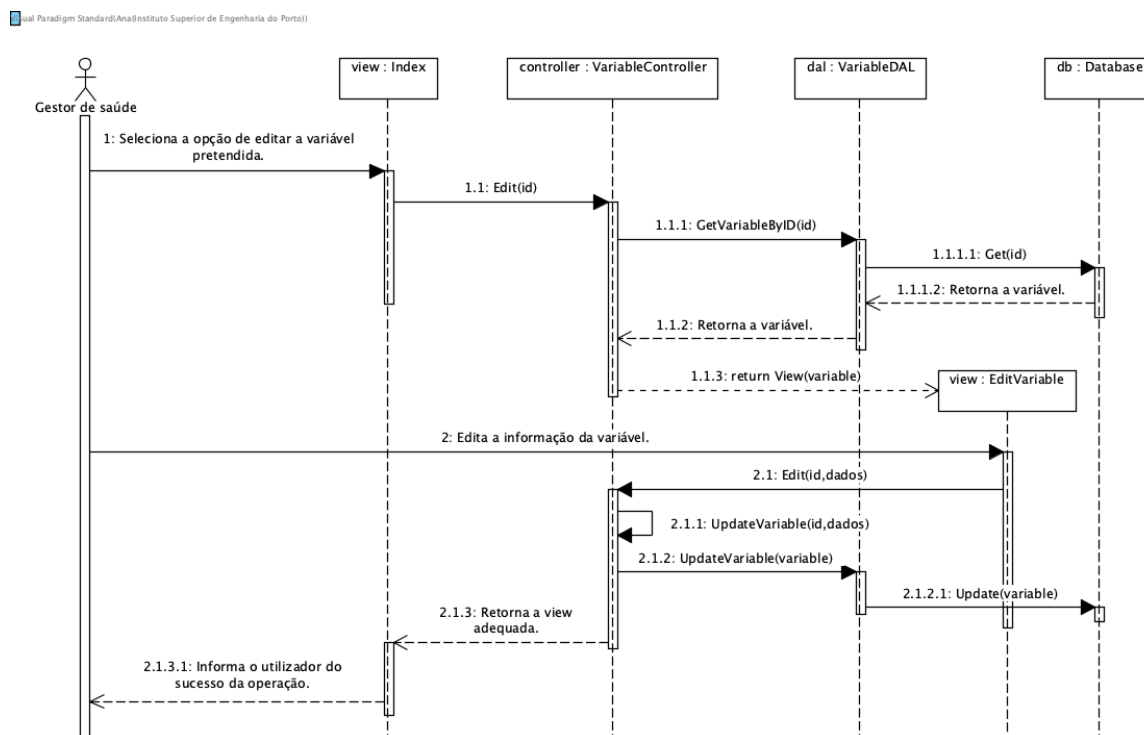


Figura 43 - Diagrama de sequência de edição de uma variável

Este processo é iniciado pela seleção da opção para editar uma variável. O *controller*, *VariableController*, recorre à DAL, *VariableDAL*, para obter as informações da variável através do seu id (ponto 1.1.1 do diagrama), retornando-as ao utilizador através de uma nova *view* (ponto 1.1.3 do diagrama), *EditVariable*.

O gestor de saúde efetua as alterações necessárias e o *controller* retorna-as para a DAL, que se encarrega de atualizar a base de dados (ponto 2.1.2.1 do diagrama).

5.3.1.4 Apagar uma variável

O diagrama de sequência da Figura 44 ilustra o processo de remoção de uma variável.

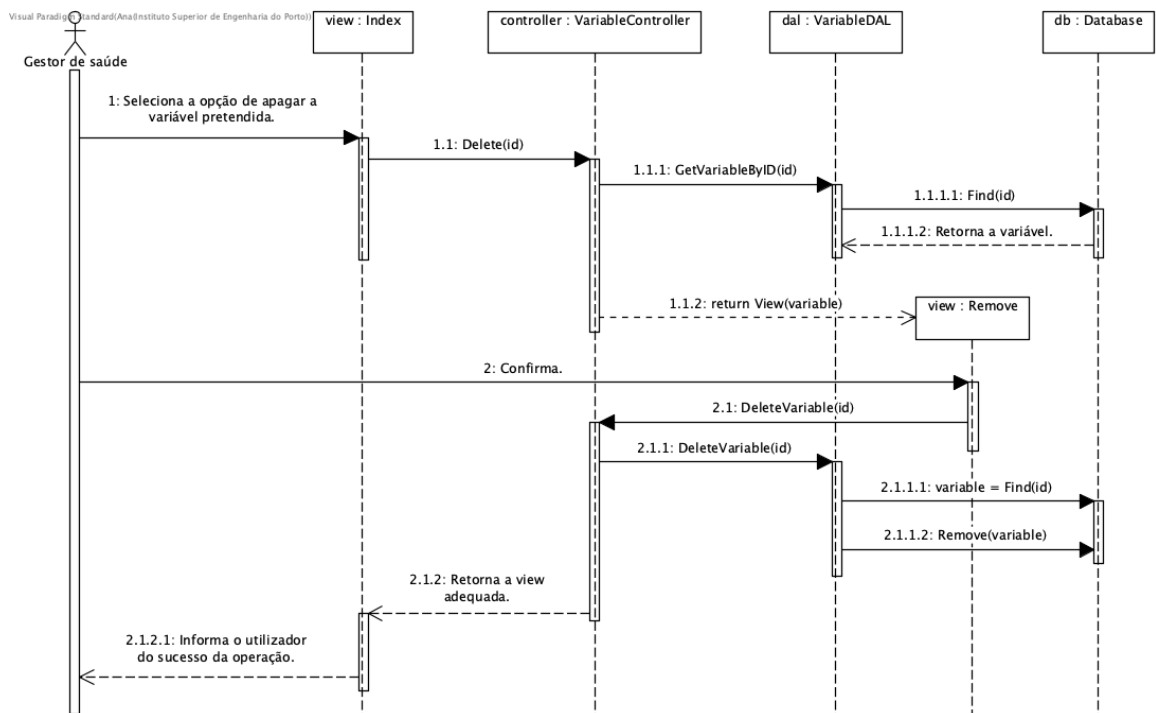


Figura 44 - Diagrama de sequência da remoção de uma variável

O processo é iniciado pela seleção da opção de remover uma variável do módulo de suporte individualizado. De seguida, o *controller*, *VariableController*, obtém a variável e as suas informações a partir da base de dados, recorrendo à DAL (ponto 1.1.1 do diagrama), *VariableDAL*, retornando-as ao utilizador.

O utilizador confirma a remoção da variável e o *controller* encarrega-se de a remover, recorrendo à DAL (ponto 2.1.1 do diagrama).

5.3.2 UC1.2: Gestão de regras

Tal como o caso de uso anterior, o caso de uso de gestão de regras encontra-se dividido em quatro funcionalidades:

- Visualização da informação da regra;
- Criação de uma nova regra;
- Edição de uma regra;
- Apagar uma regra.

Sendo assim, a especificação da realização deste caso de uso é feita recorrendo a quatro diagramas de sequência.

5.3.2.1 Visualização da informação de uma regra

O diagrama de sequência da Figura 45 ilustra o processo de visualização da informação de uma regra.

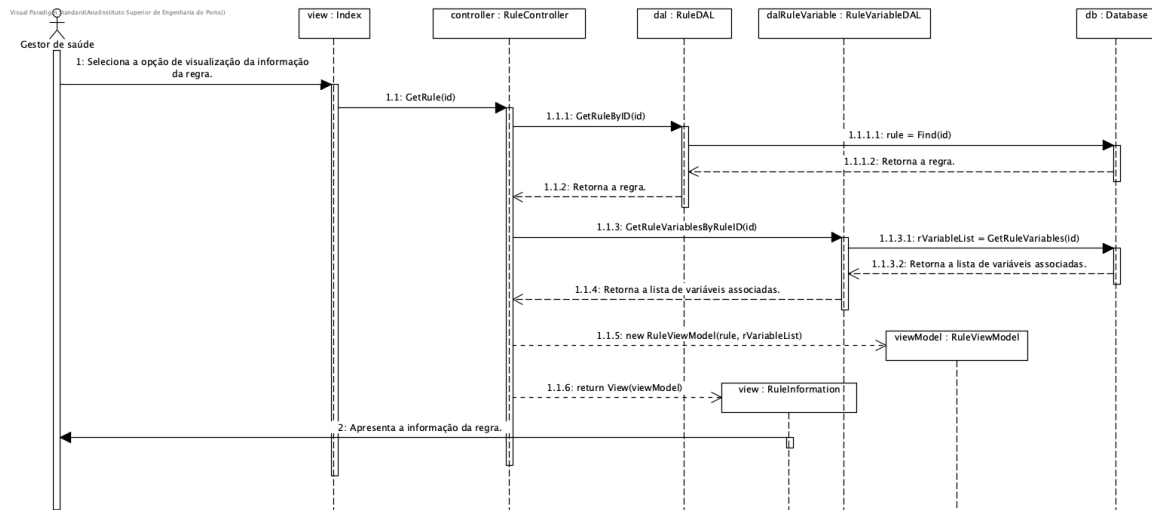


Figura 45 - Diagrama de sequência de visualização de uma regra

O processo é iniciado pelo gestor de saúde, ao selecionar a opção de visualização da informação da regra pretendida. O *controller*, *RuleController*, recorre às DAL existentes, *RuleDAL* e *RuleVariableDAL*, para obter a regra pretendida (ponto 1.1.1.1 do diagrama) e as variáveis associadas (ponto 1.1.3.1 do diagrama). De seguida, é criado um *ViewModel* com estes objetos e apresenta as informações ao gestor de saúde através da *view* (ponto 1.1.6 do diagrama), *RuleInformation*.

5.3.2.2 Criação de uma regra

O diagrama de sequência da Figura 46 ilustra o processo de criação de uma regra no módulo de suporte individualizado.

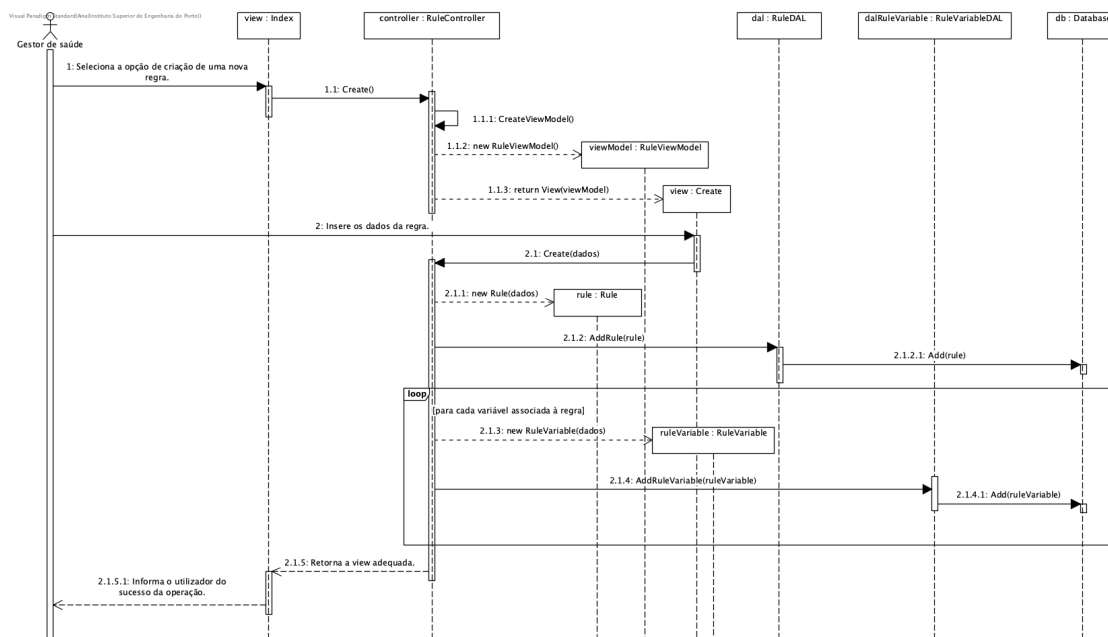


Figura 46 - Diagrama de sequência de criação de uma regra

O processo de criação de uma regra é iniciado pelo gestor de saúde, ao selecionar a opção respetiva. De seguida, o *controller*, *RuleController*, cria um novo *ViewModel*, *RuleViewModel*, para inserção de dados, apresentando-o ao utilizador através da *view* (ponto 1.1.3 do diagrama), *Create*. A *view* de criação de uma regra irá solicitar ao utilizador a inserção de dados como a recomendação que a regra irá gerar e a seleção das variáveis que serão associadas à regra.

Após o utilizador inserir os dados, é criado um novo objeto *Rule* (ponto 2.1.1 do diagrama), sendo, de seguida, adicionado à base de dados através da DAL (ponto 2.1.2 do diagrama), *RuleDAL*. Para cada variável associada à regra, é criado um objeto *RuleVariable* (ponto 2.1.3 do diagrama) e adicionado à base de dados através da DAL, *RuleVariableDAL*.

5.3.2.3 Edição de uma regra

O diagrama de sequência da Figura 47 ilustra o processo de edição de uma regra.

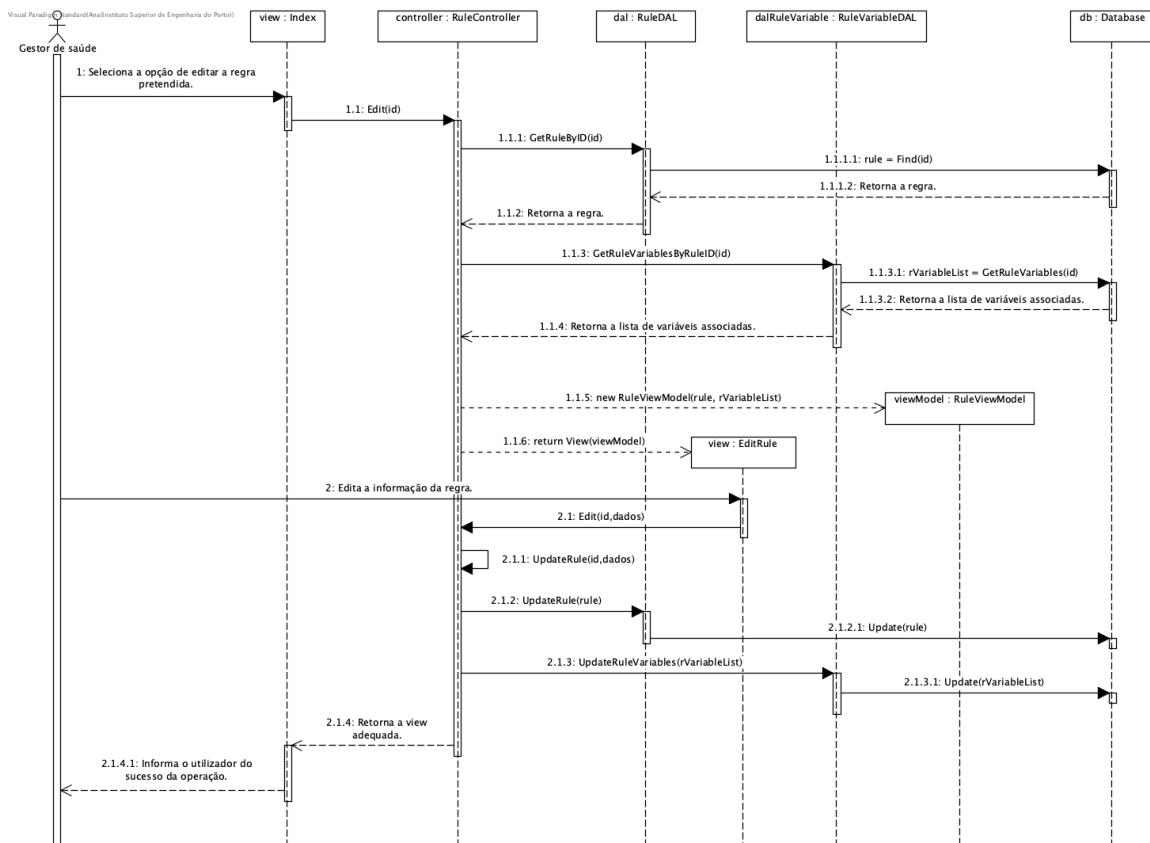


Figura 47 - Diagrama de sequência de edição de uma regra

O processo de edição de uma regra é iniciado pela seleção, por parte do gestor de saúde, da opção respetiva. O *controller*, *RuleController*, obtém a informação atual da regra e variáveis associadas armazenadas na base de dados a partir das DAL, *RuleDAL* e *RuleVariableDAL*, apresentando-as, de seguida, ao gestor de saúde através da *view* (ponto 1.1.6 do diagrama), *EditRule*.

O gestor de saúde edita a informação pretendida e esta é processada pelo *controller* e posteriormente armazenada na base de dados pelas DAL mencionadas acima.

5.3.2.4 Apagar uma regra

O diagrama de sequência da Figura 48 ilustra o processo de remoção de uma regra.

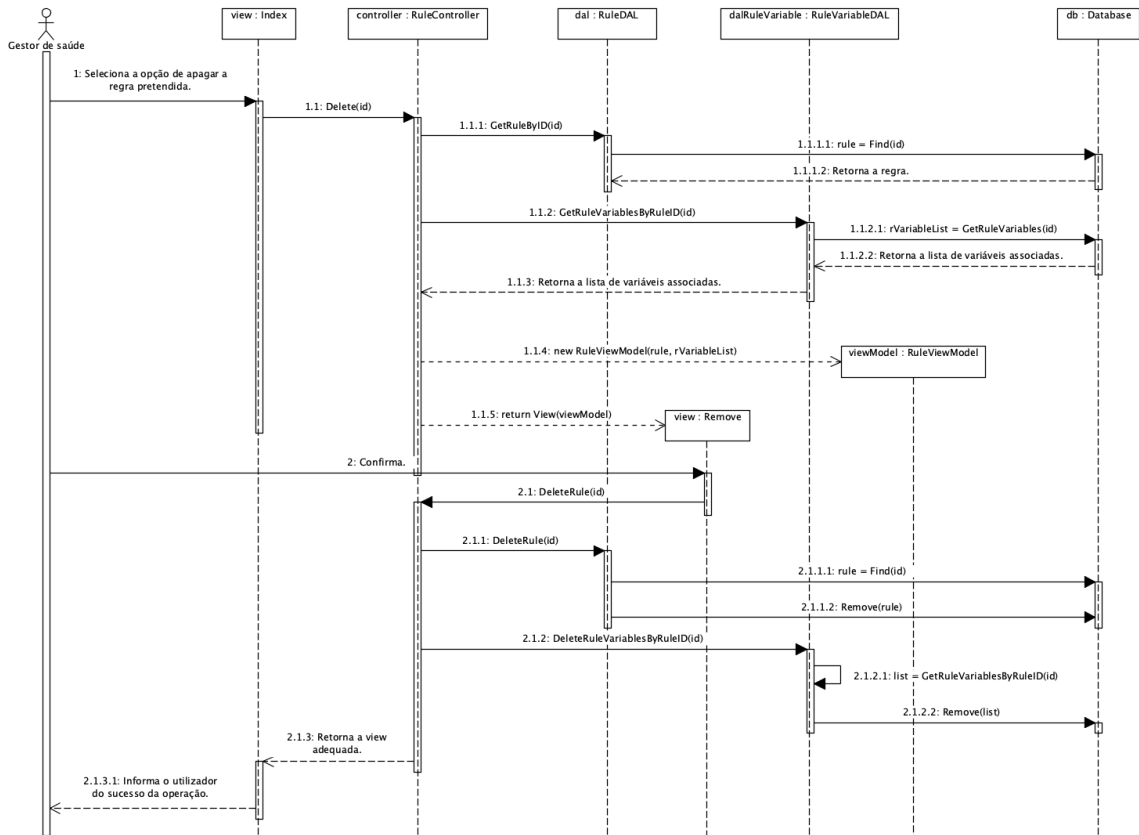


Figura 48 - Diagrama de sequência de remoção de uma regra

O processo de remoção de uma regra é iniciado pelo gestor de saúde, selecionado a opção respetiva. O *controller*, *RuleController*, obtém os dados da regra e variáveis associadas, armazenados na base de dados, através da *RuleDAL* (ponto 1.1.1.1 do diagrama) e *RuleVariableDAL* (ponto 1.1.2.1 do diagrama), e apresenta-os ao utilizador através de uma *view*, *Remove*.

Após a confirmação da remoção da regra, esta é removida da base de dados através das DAL mencionadas acima.

5.3.3 UC1.3: Gestão de informação clínica

À semelhança dos casos de uso anteriores, a gestão de informação clínica encontra-se dividida em quatro funcionalidades:

- Visualização da informação clínica de um paciente;
- Criação de informação clínica;
- Edição de informação clínica;

- Apagar a informação clínica.

Assim sendo, a realização deste caso de uso foi especificada através de quatro diagramas de sequência.

5.3.3.1 Visualização de informação clínica

O diagrama de sequência da Figura 49 ilustra o processo de visualização da informação clínica do paciente pretendido.

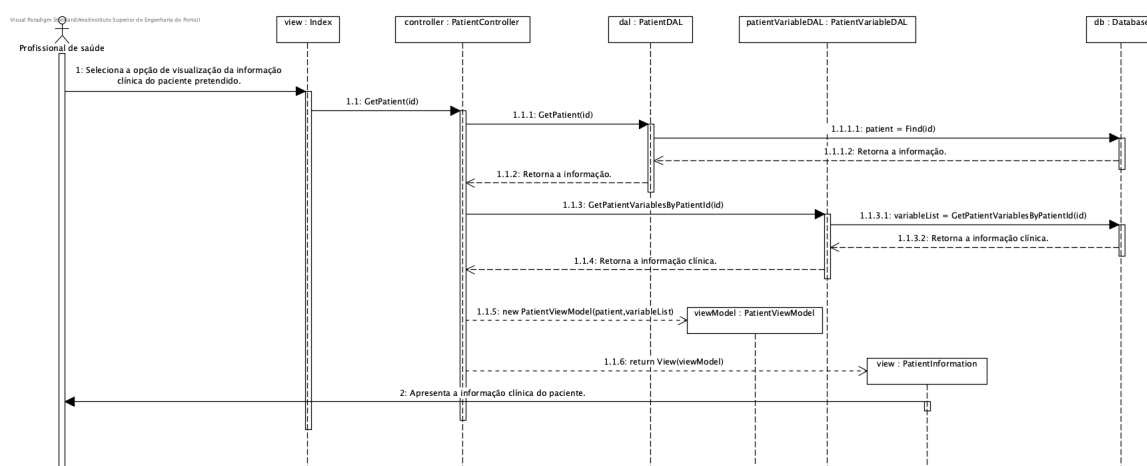


Figura 49 - Diagrama de sequência da visualização da informação clínica

O processo de visualização da informação clínica inicia-se a partir da seleção da opção respetiva. A seguir, esta informação é obtida da base de dados através do id do paciente (ponto 1.1.3.1 do diagrama), e é criado um *ViewModel*, *PatientViewModel*, com os dados obtidos, e apresentado ao profissional de saúde através da *view*, *PatientInformation*.

5.3.3.2 Criação de informação clínica

O diagrama de sequência da Figura 50 ilustra o processo de criação de informação clínica para o paciente pretendido.

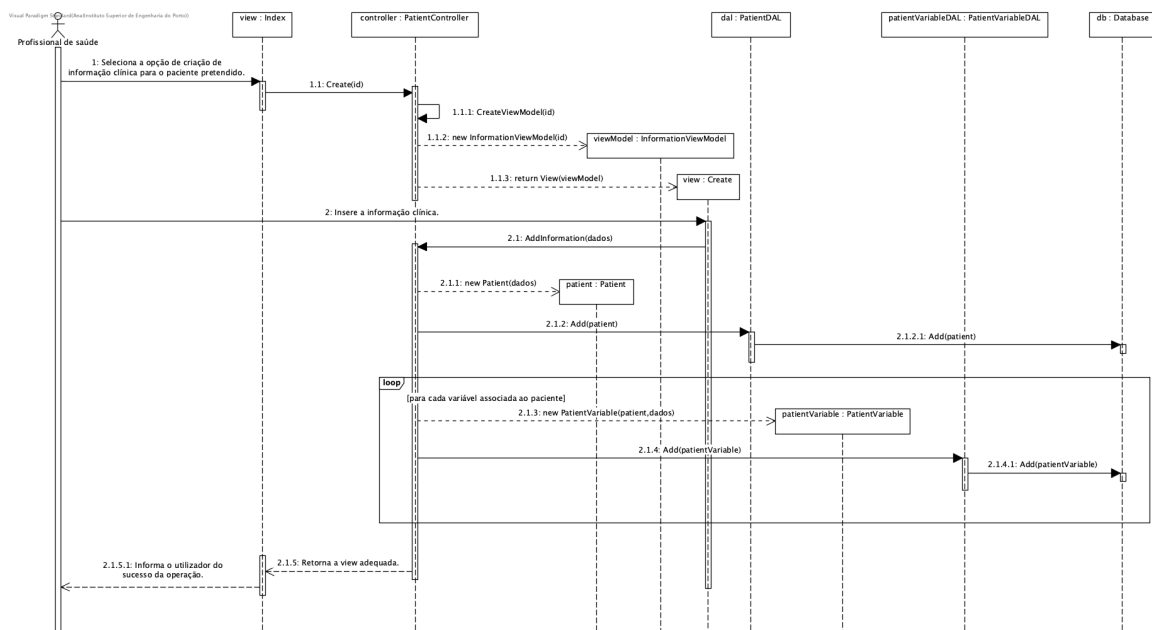


Figura 50 - Diagrama de sequência de criação de informação clínica

O processo inicia-se pela seleção da opção de criação de informação clínica do paciente pretendido. Para isso, o *controller*, *PatientController*, cria um *ViewModel*, *InformationViewModel*, apresentando-o na *view* (ponto 1.1.3 do diagrama), *Create*, para a inserção da informação.

Após o profissional de saúde inserir a informação do paciente, é criado um novo objeto *Patient* (ponto 2.1.1 do diagrama) correspondente ao paciente e, para cada variável associada, é criado um objeto *PatientVariable* (ponto 2.1.3 do diagrama) com os dados clínicos. Estes objetos são, de seguida, armazenados na base de dados através das DAL, *PatientDAL* (ponto 2.1.2.1 do diagrama) e *PatientVariableDAL* (ponto 2.1.4.1 do diagrama), respetivamente.

5.3.3.3 Edição de informação clínica

O diagrama de sequência da Figura 51 ilustra o processo de edição de informação clínica do paciente pretendido.

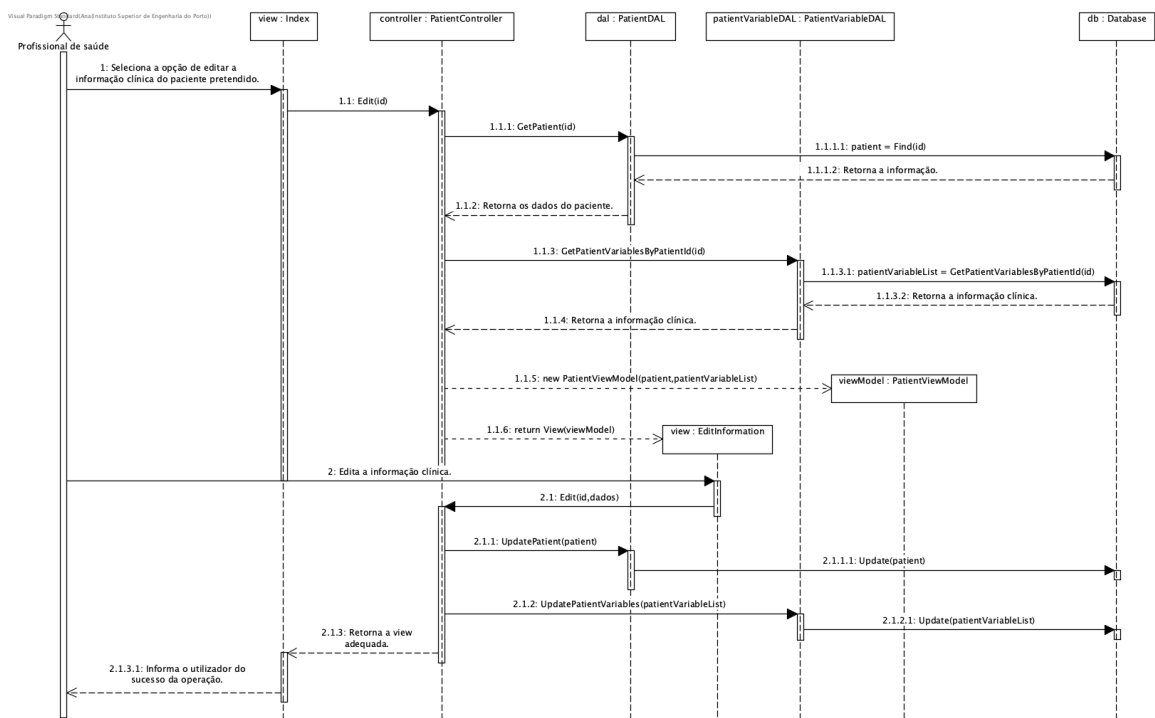


Figura 51 - Diagrama de sequência da edição da informação clínica

O processo de edição da informação clínica de um paciente é iniciado pelo profissional de saúde ao selecionar a opção respetiva. A informação clínica do paciente é obtida da base de dados através da DAL (ponto 1.1.3 do diagrama), *PatientVariableDAL*, e, de seguida, é criado um *ViewModel* (ponto 1.1.5 do diagrama), *PatientViewModel*, para apresentação da informação clínica ao profissional de saúde na *view*, *EditInformation*.

Após a alteração da informação do paciente por parte do profissional de saúde, esta é registada na base de dados através das DAL, *PatientDAL* e *PatientVariableDAL*.

5.3.3.4 Remover informação clínica

O diagrama de sequência da Figura 52 ilustra o processo de remoção da informação clínica de um paciente.

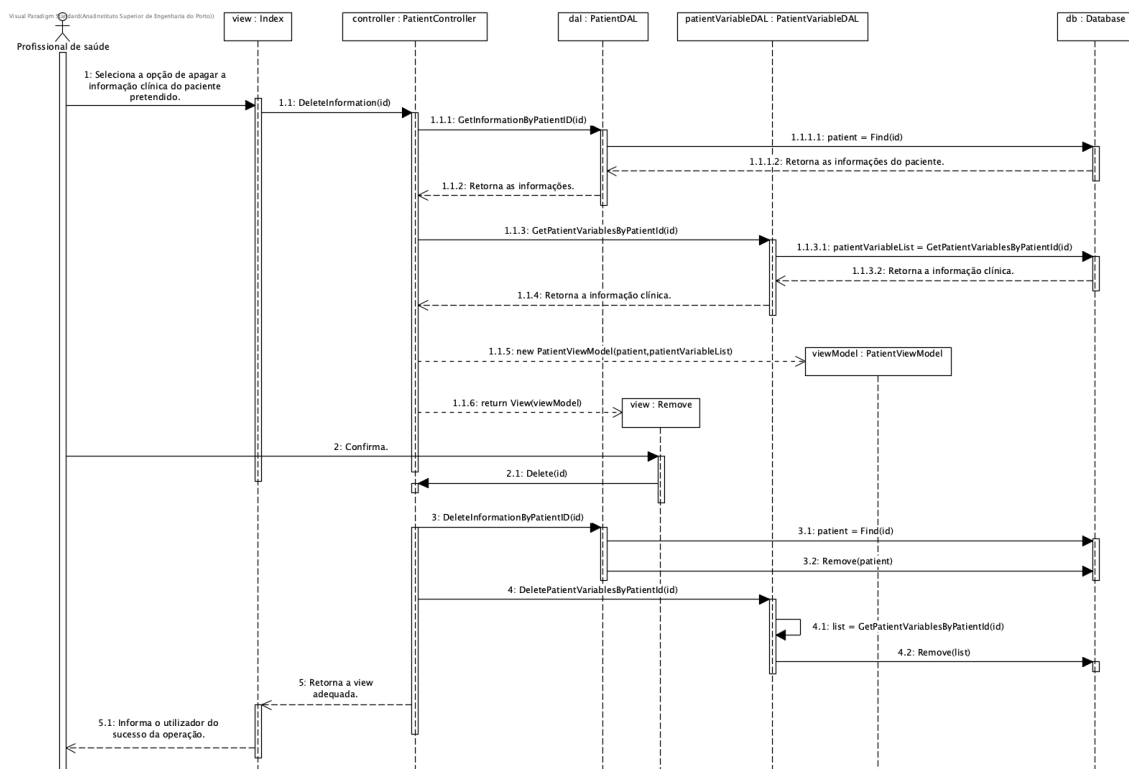


Figura 52 - Diagrama de sequência da remoção de informação clínica

O processo é iniciado ao selecionar a opção de remoção da informação clínica do paciente pretendido. O *controller*, *PatientController*, recorre às DAL, *PatientDAL* e *PatientVariableDAL*, para obter a informação clínica do paciente a partir do seu id (pontos 1.1.1 e 1.1.3 do diagrama, respetivamente). De seguida, é criado um *ViewModel*, *PatientViewModel*, com os dados obtidos e apresenta a informação ao profissional de saúde através da *view*, *Remove* (ponto 1.1.6 do diagrama).

Após a confirmação do profissional de saúde, a informação é removida da base de dados, através das DAL acima mencionadas.

5.3.4 Fluxo principal do sistema

Dado que os casos de uso relativos ao sistema (apresentados nas secções 5.1.2.4, 5.1.2.5, 5.1.2.6, 5.1.2.7 e 5.1.2.8) baseiam-se na interação entre o módulo de integração e o módulo de suporte individualizado, havendo dependências entre cada caso de uso, foi elaborado um diagrama de sequência que ilustra o fluxo principal da solução final. Este diagrama de sequência engloba os casos de uso enunciados anteriormente.

A Figura 53 apresenta o diagrama de sequência elaborado:

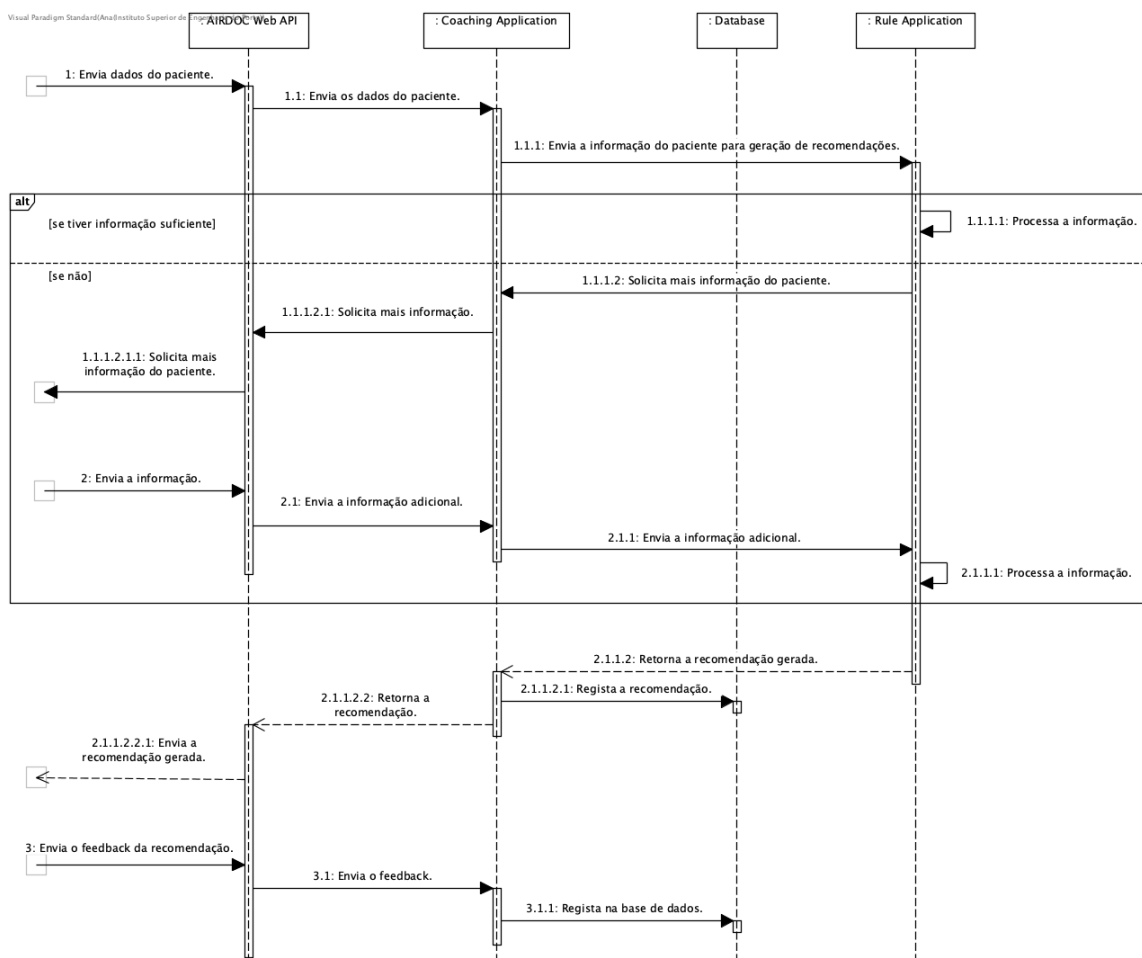


Figura 53 - Diagrama de sequência do fluxo principal da solução final

Como mencionado anteriormente, o fluxo principal da solução final tem como base a interação entre o módulo de integração e o módulo de suporte individualizado. Esta interação consiste no envio de informações do paciente (ponto 1.1 do diagrama), por parte do módulo de integração, para a geração de recomendações. Caso a informação fornecida não seja suficiente, o módulo de suporte individualizado solicita o envio de informação adicional (ponto 1.1.2.2 do diagrama).

Após a geração da recomendação e posterior envio para o paciente, é recebido o respetivo *feedback*, sendo registado na base de dados (ponto 3.1.1 do diagrama).

5.4 Tecnologias escolhidas

Nesta secção serão expostas as tecnologias escolhidas, e respetivas justificações, para a implementação dos módulos que compõem a solução final.

5.4.1 Módulo de suporte individualizado

O módulo de suporte individualizado irá comunicar com o módulo de integração e irá disponibilizar uma interface para a interação com os utilizadores, como mencionado anteriormente. Deste modo, o módulo terá como base uma aplicação *web*.

Sendo assim, o desenvolvimento do módulo assentará na plataforma .NET¹⁴, seguindo o padrão *Model View Controller* (MVC). Esta escolha deriva do facto de que a plataforma .NET suporta o desenvolvimento e execução de aplicações *web* (Microsoft, 2019).

Relativamente à implementação das regras no módulo de suporte individualizado, esta será realizada com recurso ao *Drools*, uma biblioteca *open source*.

Esta escolha deveu-se ao facto de que esta biblioteca é a mais utilizada para a implementação de regras na linguagem *Java* e é mencionada na literatura, como verificado na secção 4.2.1. Para além destes factos, a biblioteca *Drools* disponibiliza uma linguagem de criação e edição de regras intuitiva para não programadores, algo fundamental para o sucesso do módulo, dado que os gestores de saúde, que não têm experiência de programação, irão trabalhar com as regras presentes no sistema.

O funcionamento desta biblioteca é simples, contendo apenas dois passos principais:

1. Definição das regras num único ficheiro (no formato exemplificado na Figura 22);
2. Processamento dos objetos fornecidos de acordo com as regras definidas.

Após o processamento são apresentados os resultados obtidos que, no caso do módulo de suporte individualizado, serão as recomendações geradas para os pacientes.

Dado que a biblioteca *Drools* está assente na linguagem *Java*, como mencionado acima, é necessário criar uma aplicação externa (em linguagem *Java*) à aplicação principal do módulo, para a implementação das regras. Sendo assim, o módulo de suporte individualizado consistirá em duas aplicações, uma para a interação com os utilizadores e comunicação com o módulo de integração, desenvolvida em .NET, e outra aplicação, para a execução das regras (sistema baseado em regras), desenvolvida em *Java*. Estas aplicações são descritas de forma mais detalhada na secção 5.5.1.

5.4.2 Módulo de integração

Dado que o módulo de integração tem como única funcionalidade a coordenação da interação entre os vários módulos do projeto AIRDOC, será desenvolvida uma *Web API*¹⁵.

¹⁴ <https://dotnet.microsoft.com/>

¹⁵ Serviço *web* para comunicação entre várias componentes.

À semelhança do módulo de suporte individualizado, o desenvolvimento do módulo de integração assentará na plataforma .NET. Dado que .NET tem como foco o desenvolvimento e suporte de serviços *web*, esta é uma escolha adequada para a implementação do módulo de integração.

Relativamente à comunicação que vai ser realizada entre o módulo de integração e os restantes módulos, esta será efetuada com recurso ao protocolo HTTP. Será também utilizado o padrão *Data Transfer Object* (DTO) para representação dos dados que serão transferidos na comunicação entre o sistema e os módulos.

5.5 Arquitetura

Nesta secção será exposta a arquitetura da solução proposta, iniciando-se pela apresentação da arquitetura do módulo de suporte individualizado e da arquitetura do módulo de integração. No final será apresentada a arquitetura da solução, através de um diagrama de componentes de alto nível.

5.5.1 Módulo de suporte individualizado

A Figura 54 ilustra a arquitetura do módulo de suporte individualizado:

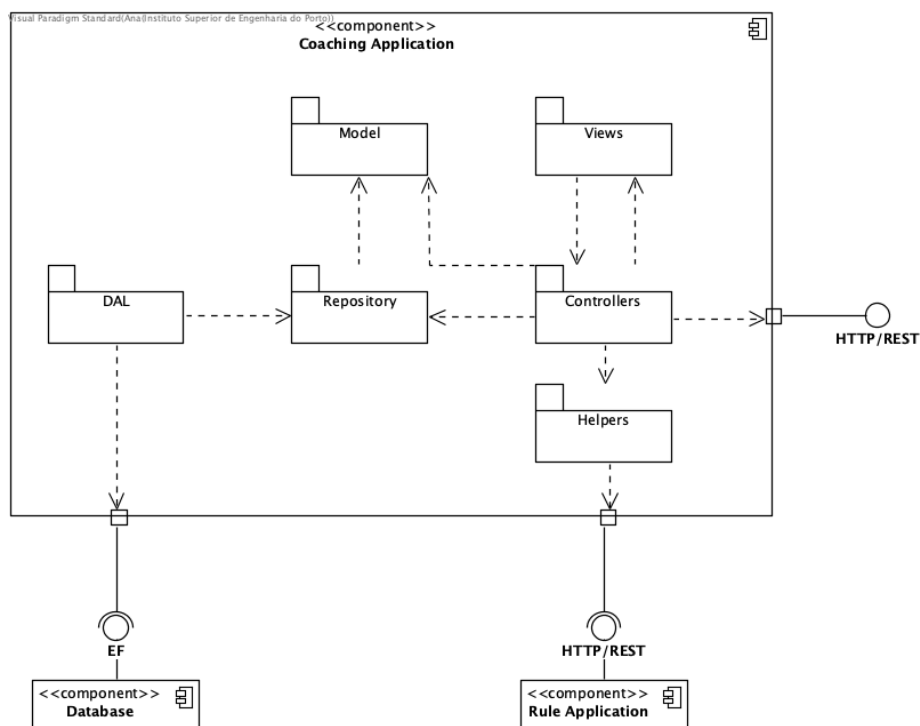


Figura 54 - Diagrama de componentes do módulo de suporte individualizado

Como mencionado na secção 5.4.1 e ilustrado na figura anterior, a arquitetura deste módulo segue o padrão MVC, sendo complementada pelo padrão *Repository*, a partir das componentes *Repository* e *Data Access Layer* (DAL), para a persistência dos dados.

A componente *Database* representa a base de dados, responsável pela persistência da informação do módulo. O acesso à base de dados é da responsabilidade da componente DAL, utilizando o *Entity Framework* (EF).

A componente *Model* representa os objetos do domínio, como as variáveis e recomendações.

A componente *Views* está encarregue da interação entre o módulo e os seus atores principais, bem como pela apresentação de informação.

A componente *Controllers* é responsável pelo processamento da interação com o utilizador, dependendo da componente *Views*, bem como o processamento da informação recebida a partir do módulo de integração (como valores registados do utilizador). Esta componente encontra-se também dependente das componentes *Model* e *Repository*, para manipulação de dados e posterior persistência.

A componente *Rule Application* corresponde à aplicação responsável pela execução das regras presentes no módulo para a geração de recomendações, disponibilizando uma interface para comunicação com o sistema principal. A comunicação com esta aplicação será da responsabilidade da componente *Helpers*, que terá como finalidade a interação entre o sistema principal (*Coaching Application*) e aplicações secundárias, neste caso a *RuleApplication*.

5.5.2 Módulo de integração

A Figura 55 ilustra a arquitetura do módulo de integração:

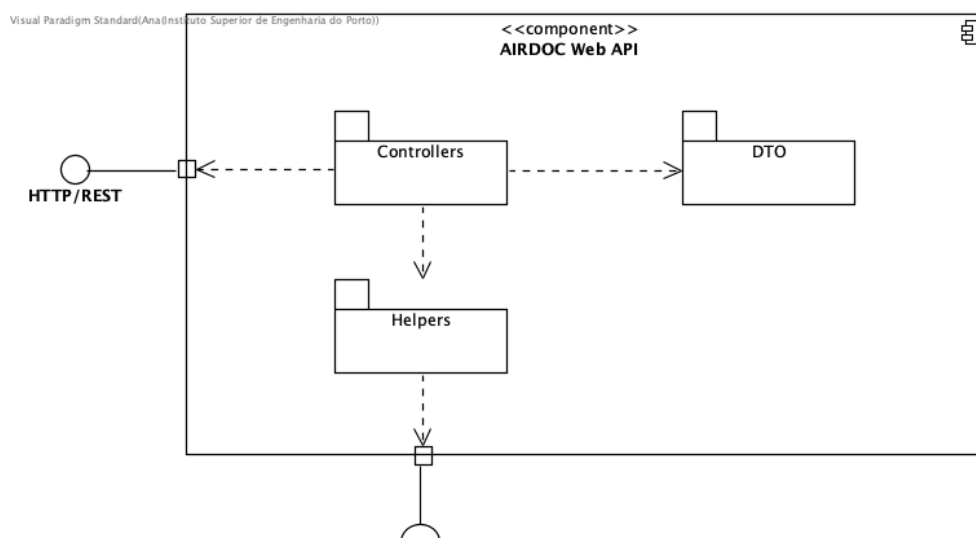


Figura 55 - Arquitetura do módulo de integração

O módulo de integração será composto por três componentes, *Controllers*, *DTO* e *Helpers*.

A componente *Controllers* é responsável por receber e tratar dos pedidos provenientes dos restantes módulos do projeto AIRDOC, disponibilizando métodos adequados para cada tipo de pedidos (envio de dados, obtenção de dados, entre outros).

A componente *Helpers* está encarregue da comunicação, iniciada pelo módulo de integração, entre este e os restantes módulos. Esta comunicação é iniciada após o processamento efetuado pela componente *Controllers* e tem como objetivo a interação com o módulo visado pelo pedido inicial.

A componente *Data Transfer Object* (DTO) representa os objetos utilizados, ou seja, a informação utilizada, na comunicação entre o sistema e os restantes módulos.

5.5.3 Solução final

O diagrama de componentes de alto nível da Figura 56, ilustra a arquitetura da solução final:

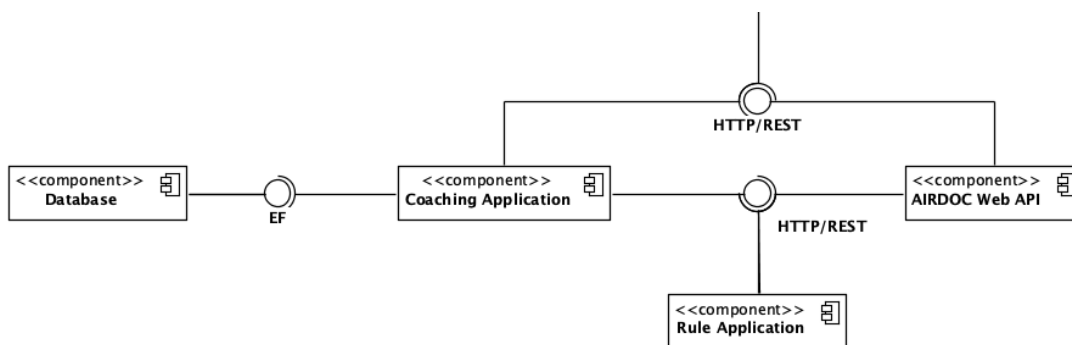


Figura 56 - Arquitetura da solução final

A solução final será composta pelo módulo de suporte individualizado, representado pelas componentes *Coaching Application*, *Rule Application* e *Database*, e pelo módulo de integração, representado pela componente *AIRDOC Web API*.

O módulo de integração irá disponibilizar uma interface para a realização da comunicação com módulos externos (do projeto AIRDOC), que será realizada através de pedidos HTTP/REST. Esta interface será também utilizada pelo módulo de suporte individualizado, como ilustrado pela Figura 56, para o envio de dados entre estas duas componentes.

6 Desenvolvimento da solução

Neste capítulo é descrito o processo de desenvolvimento da solução proposta para o presente trabalho, incluindo a justificação das escolhas tomadas durante a implementação e também a apresentação dos resultados obtidos.

Este capítulo encontra-se dividido em duas secções principais, sendo a primeira relativa ao processo de implementação do módulo de suporte individualizado (secção 6.1), e a segunda relativa ao processo de implementação do módulo de integração (secção 6.2).

6.1 Módulo de suporte individualizado

Como descrito anteriormente, o módulo de suporte individualizado é composto por uma aplicação *web*, *Coaching Application*, encarregue da gestão do conhecimento e interação com os utilizadores do módulo, e a aplicação *Rule Application*, responsável pelo processamento dos dados dos pacientes para a geração de recomendações.

As secções seguintes descrevem o desenvolvimento de ambas aplicações.

6.1.1 Coaching Application

A *Coaching Application* foi desenvolvida na plataforma .NET, seguindo o padrão MVC, de acordo com a arquitetura especificada na Figura 54.

Esta aplicação é composta por todas as funcionalidades propostas para a gestão do conhecimento do módulo, enunciadas a seguir:

- Gestão de variáveis;
- Gestão de regras;

- Gestão de informação clínica.

De forma a permitir o acesso às funcionalidades mencionadas acima aos utilizadores com permissões, foi implementada a autenticação de utilizadores (cumprindo, assim, os requisitos de segurança identificados na secção 5.1.3.1).

A implementação da autenticação e associação de permissões de utilizadores no sistema foi feita com recurso a métodos disponibilizados pelo .NET. Sendo assim, apenas os utilizadores registados podem aceder às funcionalidades presentes módulo de suporte individualizado, a partir da autenticação realizada na interface ilustrada na Figura 57:

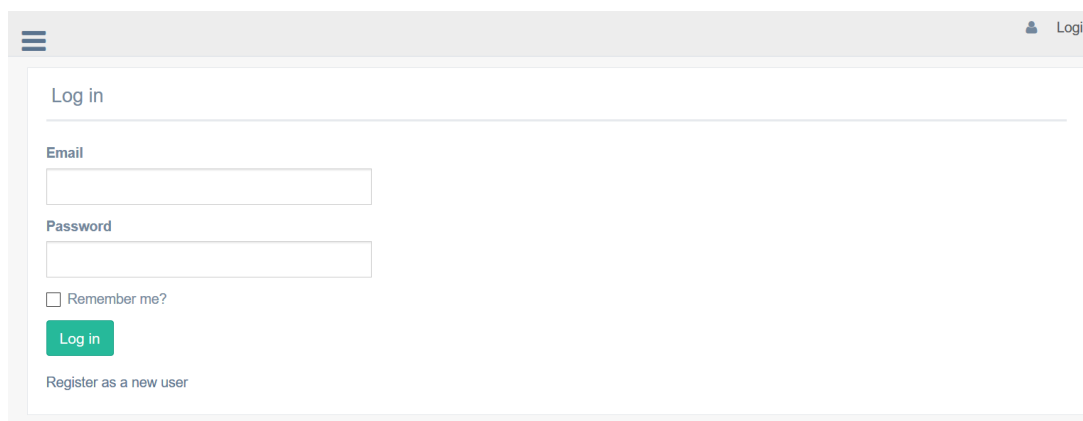


Figura 57 - Interface de autenticação no módulo de suporte individualizado

Caso o utilizador não se autentique no sistema, é-lhe apresentada a página presente na Figura 58:

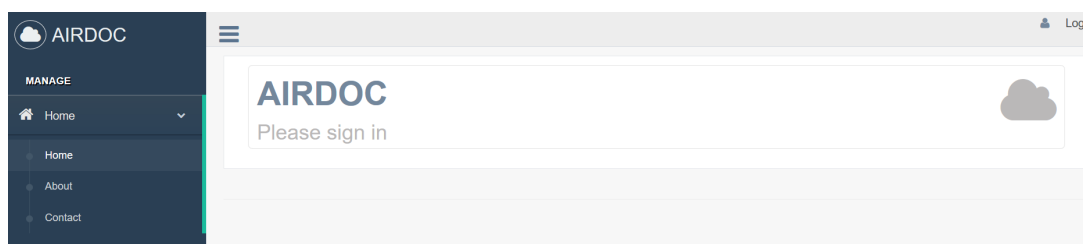


Figura 58 - Página inicial

Relativamente às permissões de acesso às funcionalidades do módulo, foram definidos dois *Roles*, correspondentes aos atores definidos na secção 5.1.1. Para o ator “Gestor de saúde” foi definido o *Role* “*AIRDOCManager*”, que permite o acesso às funções de gestão de variáveis e gestão de regras. Para o ator “Profissional de saúde” foi definido o *Role* “*HealthProfessional*”, que apenas permite o acesso à função de gestão de informação clínica.

Após a autenticação no sistema, o utilizador é redirecionado para a página inicial, onde lhe são apresentadas as funcionalidades a que ele pode aceder. Dado que os dois atores no módulo

acedem a funcionalidades diferentes, a página inicial é diferente para ambos. A página que é apresentada ao gestor de saúde encontra-se ilustrada na Figura 59:

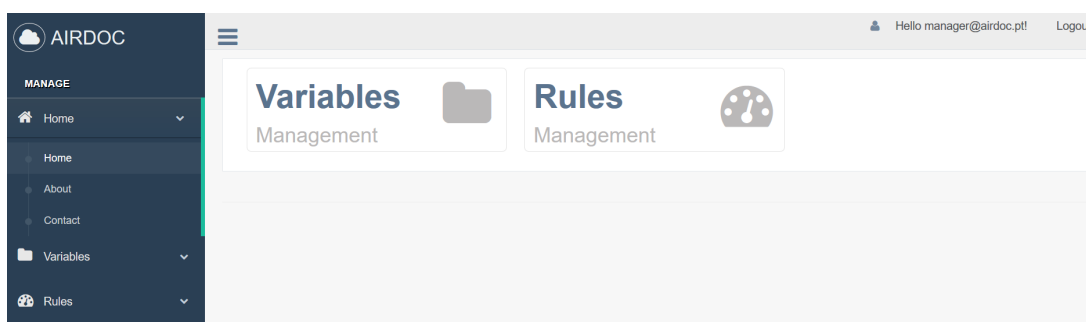


Figura 59 - Página inicial para o gestor de saúde

Para o profissional de saúde é apresentada a página ilustrada na Figura 60:

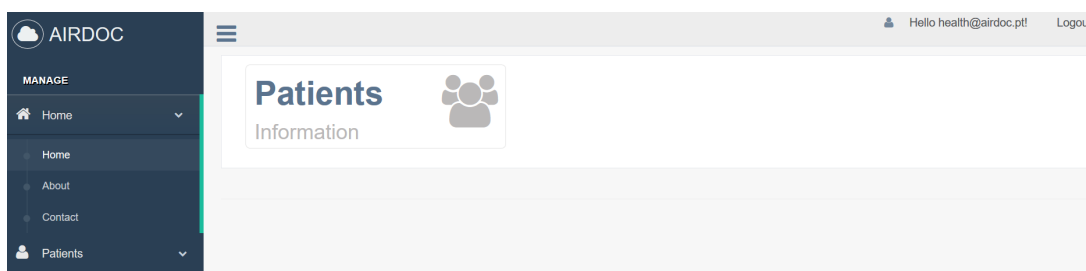


Figura 60 - Página inicial para o profissional de saúde

A partir destas páginas iniciais, os utilizadores podem aceder às funcionalidades presentes no módulo de suporte individualizado, de forma a gerirem o conhecimento do sistema.

A implementação das funcionalidades de gestão é descrita nas secções seguintes, sendo acompanhada pela apresentação das interfaces desenvolvidas.

6.1.1.1 Gestão de variáveis

Como referido na secção 5.1.2.1, a disponibilização da gestão de variáveis no sistema passa pela implementação de quatro funcionalidades, sendo estas:

- Criação de uma nova variável;
- Edição de uma variável;
- Remoção de uma variável;
- Visualização das informações das variáveis.

O processo de gestão de variáveis é iniciado a partir da apresentação de uma página inicial que contém uma lista com as variáveis existentes no módulo de suporte individualizado e as

hiperligações de acesso às funcionalidades acima referidas. A Figura 61 ilustra a interface desenvolvida:

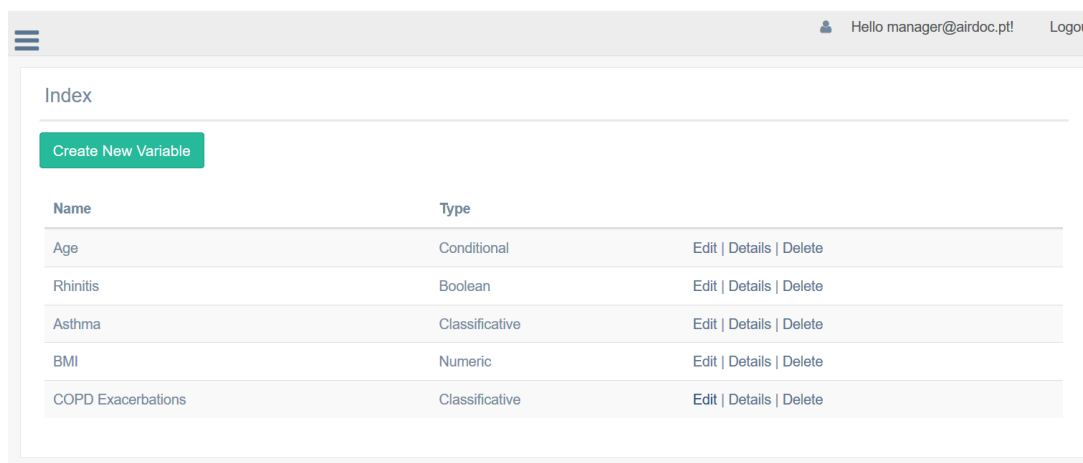


Figura 61 - Página inicial da gestão de variáveis

A criação de uma nova variável na aplicação consiste na definição, por parte do gestor de saúde, das informações relativas a esta, nome e tipo. O tipo da variável é escolhido pelo utilizador a partir de uma lista onde se encontram definidos quatro tipos: *numeric* (numérico), *boolean* (booleano), *classificative* (classificativo) e *conditional* (condicional), como ilustrado na Figura 62:

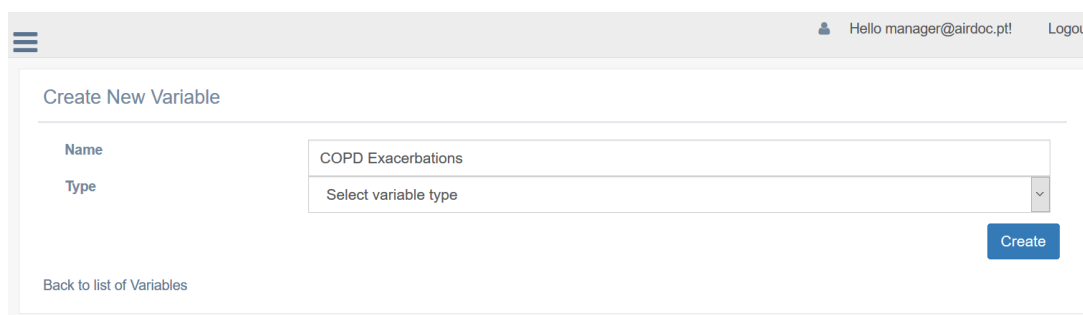


Figura 62 - Interface para criação de uma variável

Caso o utilizador indique que a variável é do tipo classificativo, é solicitada a introdução os atributos da variável, como exemplificado na Figura 63:

Figura 63 - Interface para criação de uma variável do tipo classificativo

Após a introdução dos dados solicitados e respetiva confirmação por parte do gestor de saúde, estes são validados pela aplicação e é criado um novo objeto *Variable*, com o nome da variável e o seu tipo. Caso a variável seja do tipo classificativo, é criado um objeto *ClassificativeVariable* que contém os atributos que serão utilizados para a classificar e a variável associada. Após a criação dos objetos, estes são adicionados à base de dados e dá-se por concluído o processo de criação de uma nova variável.

Para visualizar todas as informações associadas a uma variável, foi desenvolvida a interface apresentada na Figura 64 que apresenta o nome e o tipo da variável. No caso de a variável ser do tipo classificativo, são também apresentados os atributos associados.

Figura 64 - Interface para visualização das informações de uma variável

Se o gestor de saúde pretender modificar as informações de uma variável, pode alterar o seu nome e tipo (à semelhança do processo de criação de uma variável), como ilustrado na Figura 65:

Hello manager@airdoc.pt! Logout

Edit Variable

Name: BMI

Type: Numeric

Edit

[Back to list of Variables](#)

Figura 65 - Interface de edição de uma variável

Caso a variável a ser editada seja do tipo classificativo, a interface para edição da variável permitirá, também, acrescentar e eliminar atributos associados à variável, como apresentado na Figura 66:

Hello manager@airdoc.pt! Logout

Edit Variable

Name: COPD Exacerbations

Type: Classificative

Classificative Values	Add new value
Moderate	Delete
Severe	Delete

Edit

[Back to list of Variables](#)

Figura 66 - Interface de edição de uma variável do tipo classificativo

A Figura 67 apresenta a interface para a criação de um novo atributo para a variável classificativa:

Hello manager@airdoc.pt! Logout

Add new classificative value

Name:

Add value

[Back to previous page](#)

Figura 67 - Interface para adição de novo atributo

A remoção de uma variável é realizada conforme o diagrama de sequência da Figura 44, sendo apresentadas ao gestor de saúde as informações relativas à variável seleccionada e o pedido de confirmação da sua remoção. A interface utilizada para a remoção de uma variável encontra-se apresentada na Figura 68:

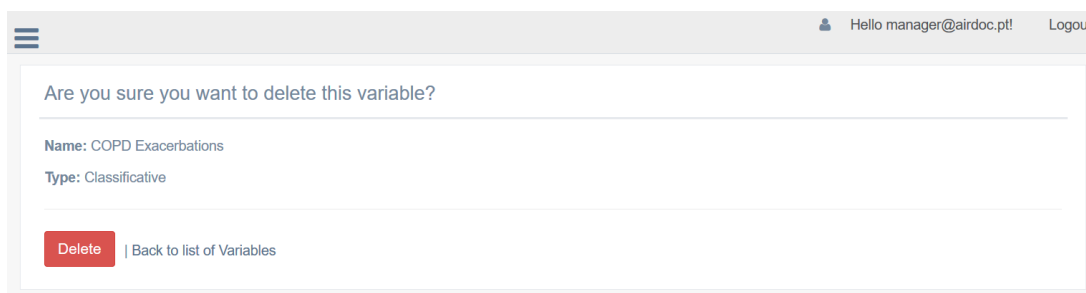


Figura 68 - Interface de remoção de uma variável

6.1.1.2 Gestão de regras

A gestão de regras no módulo de suporte individualizado foi disponibilizada a partir da implementação das quatro funcionalidades seguintes:

- Criação de uma regra;
- Edição de uma regra;
- Remoção de uma regra;
- Visualização das informações das regras.

A gestão de regras tem como base a apresentação de uma página inicial que contém a lista das regras existentes no módulo de suporte individualizado e hiperligações para as funcionalidades enumeradas acima. Na Figura 69 encontra-se apresentada a página inicial desenvolvida para a gestão de regras:

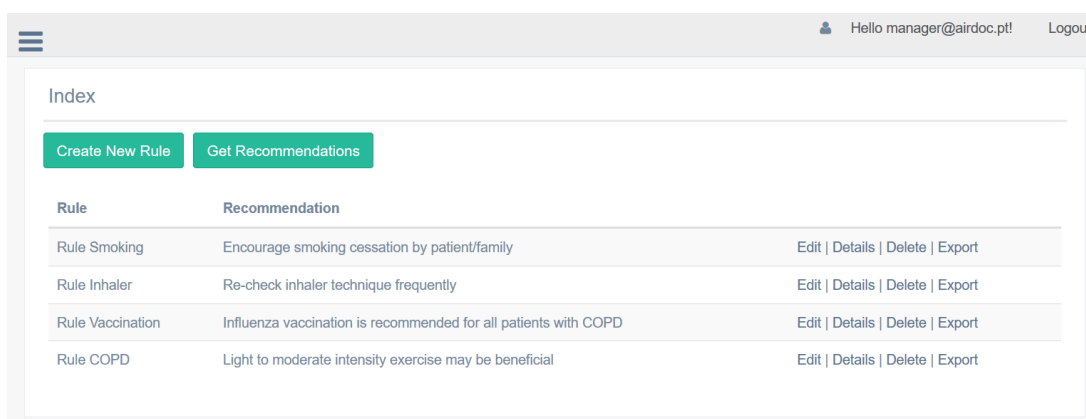


Figura 69 - Página inicial da gestão de regras

A criação de uma regra encontra-se dividida em dois passos, em que no primeiro passo é solicitado o identificador da regra e quais variáveis que serão consideradas durante o processamento dos dados dos pacientes, como ilustrado na Figura 70:

Figura 70 - Primeira interface para criação de uma regra

O segundo passo consiste na definição do texto da recomendação que será gerada pela regra e quais os valores que as variáveis, selecionadas no passo anterior, deverão assumir para que a regra seja ativada. A interface desenvolvida encontra-se apresentada na Figura 71:

Figura 71 - Segunda interface para criação de uma regra

É de notar que, para as variáveis dos tipos numérico e condicional, é efetuada uma validação do *input* inserido pelo gestor de saúde, de modo a verificar que este inseriu os valores adequados para o tipo da variável selecionada. Relativamente à validação do *input* inserido para as variáveis do tipo numérico, esta é efetuada a partir da verificação de que o *input* inserido é um número. Em relação às variáveis do tipo condicional, a sua validação é efetuada a partir de uma expressão regular, apresentada na Figura 72, de modo a verificar se o *input* inserido é uma condição.

$$[\langle \rangle] ? = ? [0-9] + (((\text{AND} | \text{OU} | \text{and} | \text{ou} | \text{E} | \text{e} | \text{OR} | \text{or}) | (\backslash \& | \backslash |)) [\langle \rangle] ? = ? [0-9] +) *$$

Figura 72 - Expressão regular utilizada na validação do input

Após a validação dos dados introduzidos pelo gestor de saúde, é criado um novo objeto *Rule*, que contém o identificador e a recomendação, e, para cada variável associada, é criado um novo objeto *RuleVariable*, que indica qual o valor introduzido para a variável associada à regra,

como ilustrado pelo diagrama de sequência da Figura 46. Após a criação de todos os objetos, estes são inseridos na base de dados, concluindo o processo de criação de uma nova regra.

Para visualizar as informações associadas às regras existentes no módulo de suporte individualizado, foi desenvolvida a interface ilustrada na Figura 73, que apresenta ao gestor de saúde o identificador, o texto da recomendação a ser gerada e as variáveis associadas à regra e os respetivos valores.

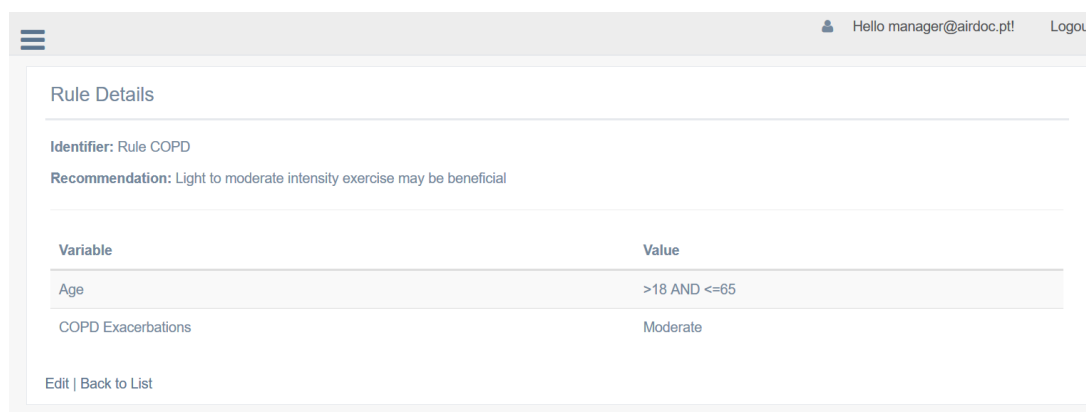


Figura 73 - Interface para visualização de detalhes de uma regra

O processo de edição de uma regra é semelhante ao de criação de uma nova regra, sendo dividido em duas partes. A primeira parte, ilustrada na Figura 74, permite ao gestor de saúde alterar o identificador da regra, a recomendação a ser apresentada ao paciente e as variáveis associadas à regra.

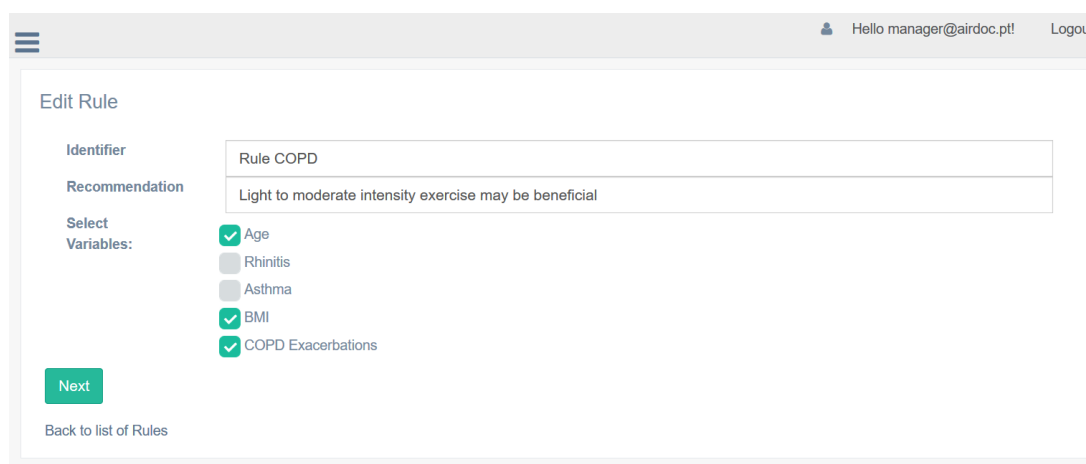


Figura 74 - Primeira interface para edição de uma regra

Na segunda parte da edição de regras, é possível remover variáveis associadas, modificar os valores das variáveis, caso estas já se encontrarem associadas à regra, ou definir os valores das variáveis, no caso de as variáveis ainda não estarem associadas à regra. A Figura 75 apresenta a interface desenvolvida para a segunda parte do processo de edição de uma regra:

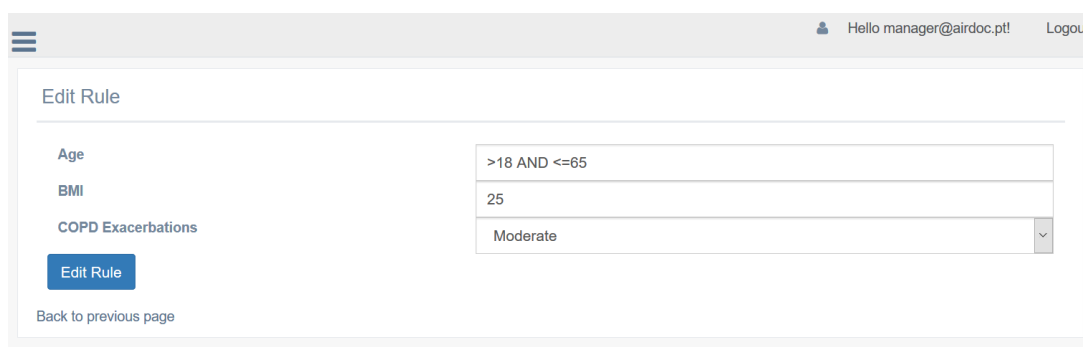


Figura 75 - Segunda interface para edição de uma regra

O processo de remoção de uma regra no módulo de suporte individualizado é realizado conforme o diagrama de sequência da Figura 48, sendo apresentadas, ao gestor de saúde, as informações relativas à regra selecionada e solicitado o pedido de confirmação de remoção. A interface desenvolvida para a remoção de uma regra encontra-se apresentada na Figura 76:

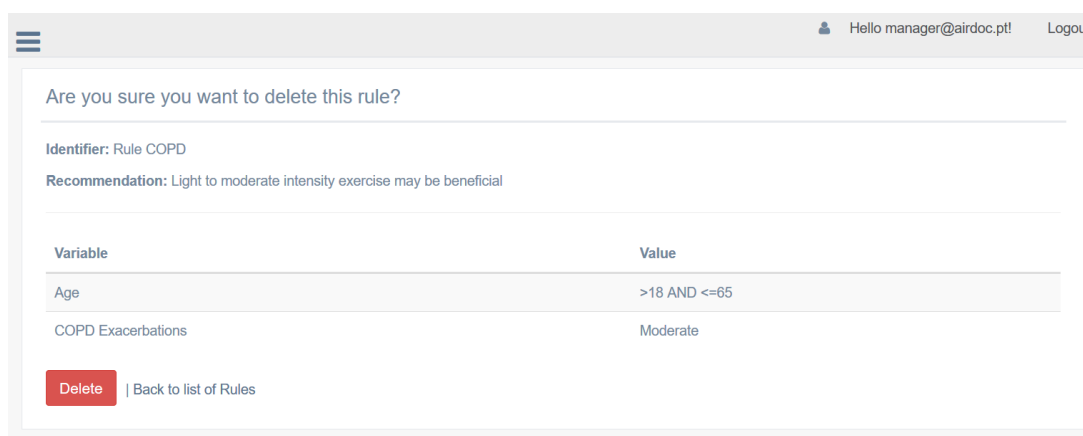


Figura 76 - Interface para remoção de uma regra

Para além das quatro funcionalidades acima descritas, foi implementada uma funcionalidade que permite a visualização das recomendações geradas, que é acedida através do botão “*Get Recommendations*” da interface apresentada na Figura 69. As recomendações são geradas para os pacientes presentes no módulo de suporte individualizado, a partir da execução das regras definidas.

Na Figura 77 encontra-se a interface que apresenta as recomendações obtidas:

Patient's Name: Patient 22

Recommendation: Cardiorespiratory ("aerobic") exercise, Frequency, >=5 d/wk of moderate exercise, or >=3 d/w of vigorous exercise, or a combination of moderate and vigorous exercise on >=3-5 d/w is recommended.

Triggered variables:

Name	Value	Numeric Value
AGE, years	-	29
Lactation	yes	-

Explanation: Recommendation "Cardiorespiratory ("aerobic") exercise, Frequency, >=5 d/wk of moderate exercise, or >=3 d/w of vigorous exercise, or a combination of moderate and vigorous exercise on >=3-5 d/w is recommended." was selected for Patient Patient 22 because: AGE, years was verified with value 29 and Lactation was verified with value yes.

Figura 77 - Interface para apresentação das recomendações geradas

Para cada paciente presente no módulo de suporte individualizado, é apresentada a lista de recomendações geradas. Esta lista é composta pelo texto da recomendação, as variáveis que foram ativadas e os respetivos valores clínicos que o paciente apresenta e a justificação do porquê de a recomendação ter sido gerada para o paciente.

6.1.1.3 Gestão da informação clínica

A gestão da informação clínica dos pacientes foi disponibilizada no módulo de suporte individualizado a partir da implementação das quatro funcionalidades enumeradas a seguir:

- Criação de informação clínica;
- Edição de informação clínica;
- Remoção de informação clínica;
- Visualização de informação clínica.

A gestão da informação clínica dos pacientes é iniciada a partir da apresentação de uma página que contém uma lista com os pacientes existentes no módulo de suporte individualizado e hiperligações para as funcionalidades mencionadas acima. A Figura 78 apresenta a página inicial desenvolvida para a gestão de informação clínica de pacientes:

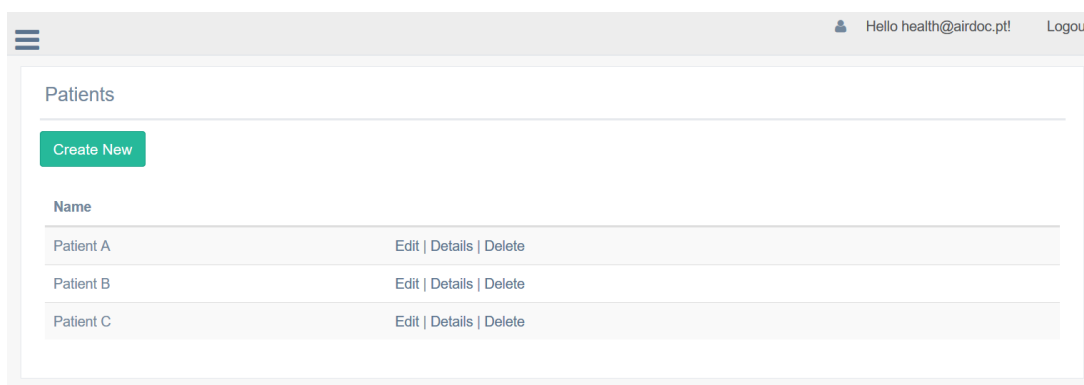
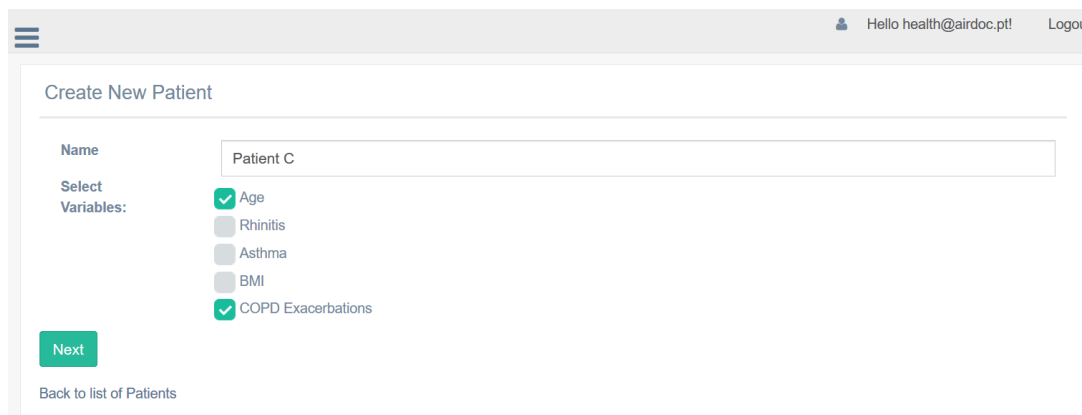


Figura 78 - Página inicial de gestão de informação clínica

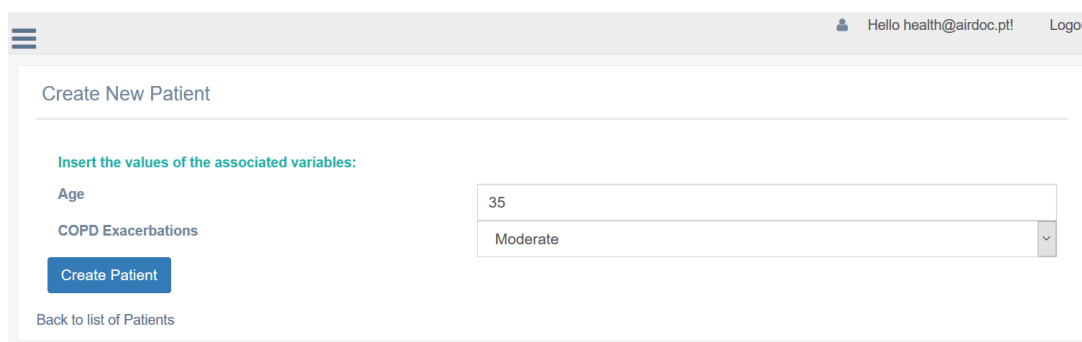
A criação de informação clínica de um paciente foi dividida em dois passos. O primeiro passo requer a definição do nome do paciente e a seleção das variáveis que serão utilizadas no registo da informação clínica. Para este passo, foi desenvolvida a interface ilustrada na Figura 79:



The screenshot shows a web interface titled "Create New Patient". At the top right, there is a user profile icon with the text "Hello health@airdoc.pt!" and a "Logout" link. Below the title, there is a form with a "Name" field containing "Patient C". To the left of the form, under "Select Variables:", there are five checkboxes: "Age" (checked), "Rhinitis", "Asthma", "BMI", and "COPD Exacerbations" (checked). A green "Next" button is located below the form, and a "Back to list of Patients" link is at the bottom left.

Figura 79 - Primeira interface para criação de informação clínica de um paciente

No segundo passo, são inseridos os valores clínicos que o paciente apresenta para as variáveis selecionadas, como ilustrado na Figura 80:



The screenshot shows the same "Create New Patient" interface, but in the second step. The title "Create New Patient" is still present. Below it, there is a heading "Insert the values of the associated variables:". There are two input fields: "Age" with the value "35" and "COPD Exacerbations" with a dropdown menu showing "Moderate". A blue "Create Patient" button is located below the input fields, and a "Back to list of Patients" link is at the bottom left.

Figura 80 - Segunda interface para criação de informação clínica de um paciente

Após a confirmação do profissional de saúde e validação da informação inserida, é criado um objeto *Patient*, com o nome do paciente, e, para cada variável selecionada, um objeto *PatientVariable*, contendo o valor clínico inserido para a variável associada ao paciente. De seguida, os objetos são inseridos na base de dados e a criação de informação clínica é concluída.

Para visualizar as informações clínicas do paciente pretendido, foi desenvolvida a interface apresentada na Figura 81. Esta interface apresenta o nome do paciente, as variáveis associadas e respetivos valores clínicos.



Figura 81 - Interface para visualização da informação clínica de um paciente

Caso o profissional de saúde pretenda modificar as informações clínicas de um paciente, como acrescentar novos valores clínicos ou remover variáveis associadas, foi implementada a funcionalidade de edição de informação clínica de um paciente. Tal como a criação de informação clínica, para esta funcionalidade foram desenvolvidas duas interfaces. A primeira interface permite modificar o nome do paciente e selecionar as variáveis pretendidas, é de notar que, caso o profissional de saúde pretender remover variáveis associadas ao paciente, basta desmarcar a variável na lista de variáveis apresentada na interface. A Figura 82 apresenta a interface desenvolvida:

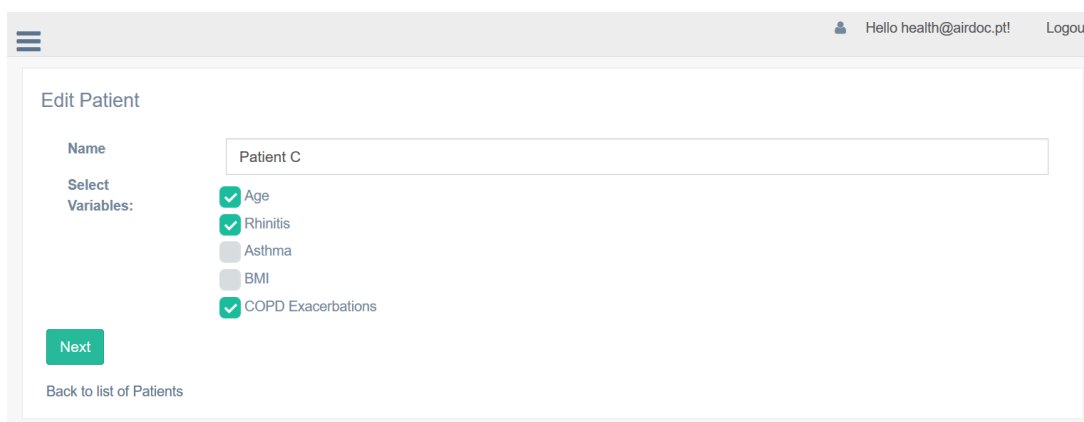


Figura 82 - Primeira interface para edição da informação clínica de um paciente

A segunda interface permite ao profissional de saúde remover valores clínicos, definir novos valores do paciente, para variáveis ainda não associadas ao paciente, e modificar valores clínicos existentes, como ilustrado na Figura 83:

Figura 83 - Segunda interface para edição da informação clínica de um paciente

Relativamente à funcionalidade de remoção de informação clínica do paciente, esta é realizada conforme o diagrama de sequência da Figura 52, sendo apresentada ao profissional de saúde uma página com a informação clínica selecionada e solicitada a confirmação de remoção. A interface desenvolvida encontra-se apresentada na Figura 84:

Variable	Value
Age	35
COPD Exacerbations	Moderate

Figura 84 - Interface para remoção da informação clínica de um paciente

6.1.2 Rule Application

A *Rule Application* é a aplicação do módulo de suporte individualizado encarregue da geração das recomendações para os pacientes. Esta aplicação foi desenvolvida em *Java*, de modo a suportar a biblioteca *Drools*, como exposto na secção 5.4.1.

Para a geração de recomendações foram implementadas as abordagens inteligentes exploradas na secção 4.2, sistema de regras e CBR. A implementação destas abordagens é apresentada nas secções seguintes.

6.1.2.1 Regras

Como mencionado na secção 5.4.1, a implementação de regras foi realizada com recurso à biblioteca *Drools*.

Relativamente à definição inicial do ficheiro com as regras que serão aplicadas aos dados dos pacientes, foi utilizada a matriz de decisão clínica do projeto AIRDOC, descrita na secção 2.1, como base de conhecimento. Para a criação das regras a partir da matriz da decisão clínica foi criada uma função que percorre a matriz e, para cada recomendação e os valores das variáveis que a desencadeiam, é gerada uma nova regra com estas informações. No final é obtido um ficheiro no formato do *Drools* (.drl) com todas as regras geradas. A Figura 85 apresenta um exemplo de uma regra gerada:

```
rule "Rule 102"
when
  variable0:Variable(Name=="Healthy - Previous GROUP",Value=="no")
  variable1:Variable(Name=="Asthma",Value=="yes")
  variable2:Variable(Name=="BMI (baseline)",NumericValue>=30)
then
  recommendation.setRecommendation("Include weight reduction in the treatment
  plan for obese patients with asthma");
  recommendation.AddRecommendationVariable(variable0);
  recommendation.AddRecommendationVariable(variable1);
  recommendation.AddRecommendationVariable(variable2);
  recommendation.setSourceReference("GINA2018");
  recommendation.setRecommendationID("rec102");
  patientRecommendations.AddRecommendation(recommendation);
end
```

Figura 85 - Exemplo de uma regra gerada a partir da matriz de decisão clínica

Como se pode verificar pela Figura 85, as regras geradas contêm a informação que será apresentada ao paciente, após serem desencadeadas durante o processamento de dados. Esta informação inclui a recomendação e a respetiva justificação de esta ter sido gerada (como os dados clínicos que o paciente apresenta para a regra ter sido ativada). A apresentação da justificação permite aos profissionais de saúde e aos pacientes perceberem a razão pela qual a recomendação foi gerada.

O ficheiro resultante do processamento da matriz clínica contém 405 regras. É de notar que o número de regras presente no sistema final poderá mudar, dado que os gestores de saúde poderão acrescentar ou eliminar regras.

6.1.2.2 Case-Based Reasoning

Como mencionado anteriormente, a aplicação do CBR em sistemas informáticos requer a implementação de algoritmos que calculem a semelhança entre objetos. Para o presente trabalho foram estudados os métodos apresentados na secção 4.2.2, *Euclidean Distance*, *Cosine Similarity*, e *Jaccard Index*, de forma a verificar qual o mais adequado para o sistema proposto.

O primeiro passo do estudo realizado consistiu na implementação dos métodos descritos anteriormente. Para o cálculo da semelhança entre dois objetos baseado no método *Euclidean Distance*, foi implementado o seguinte algoritmo, que recebe dois vetores de valores numéricos, *vec1* e *vec2*, com tamanho *length*:

```

public double calcEuclideanDistance(Double[] vec1, Double[] vec2, int
length) {
    double sum = 0;

    for (int i = 0; i < length; i++) {

        if((vec1[i] == -1) || (vec2[i] == -1)) {
            continue;
        }

        double sub = vec2[i] - vec1[i];
        sum += Math.pow(sub, 2);
    }

    double distance = Math.sqrt(sum);

    return distance;
}

```

Código 1 - Algoritmo implementado para cálculo de Euclidean Distance

Para o cálculo da semelhança entre dois objetos baseado no método *Cosine Similarity*, foi implementado o seguinte algoritmo, que, como o algoritmo anterior, recebe dois vetores de valores, *vec1* e *vec2*, com tamanho *length*:

```

public double getCosineSimilarity(Double[] vec1, Double[] vec2, int length)
{
    double sumOfMult = 0;
    double sumOfPowVec1 = 0;
    double sumOfPowVec2 = 0;

    for (int i = 0; i < length; i++) {

        if((vec1[i] == -1) || (vec2[i] == -1)) {
            continue;
        }

        sumOfMult += vec1[i] * vec2[i];

        sumOfPowVec1 += Math.pow(vec1[i], 2);
        sumOfPowVec2 += Math.pow(vec2[i], 2);
    }

    double sqrtVec1 = Math.sqrt(sumOfPowVec1);
    double sqrtVec2 = Math.sqrt(sumOfPowVec2);

    double result = sumOfMult / (sqrtVec1 * sqrtVec2);

    return result;
}

```

Código 2 - Algoritmo implementado para cálculo do Cosine Similarity

Relativamente ao cálculo da semelhança entre dois objetos baseado no método *Jaccard Index*, foi implementado o seguinte algoritmo, que, como os algoritmos anteriores, recebe dois

vetores de valores, *vec1* e *vec2*, com tamanho *length*. É de notar que, para este método, foi aplicada a fórmula que utiliza conjuntos compostos por valores reais e positivos.

```
public double getJaccardIndex(Double[] vec1, Double[] vec2, int length) {
    double sumOfMin = 0;
    double sumOfMax = 0;

    for (int i = 0; i < length; i++) {

        if((vec1[i] == -1) || (vec2[i] == -1)) {
            continue;
        }

        sumOfMin += Math.min(vec1[i], vec2[i]);
        sumOfMax += Math.max(vec1[i], vec2[i]);
    }

    double result = sumOfMin / sumOfMax;

    return result;
}
```

Código 3 - Algoritmo implementado para cálculo do Jaccard Index

Após a implementação destes algoritmos, estes foram incluídos numa função que recebe como parâmetro o objeto ao qual se pretende obter o objeto mais semelhante, objeto de *input*, e uma lista de objetos que serão utilizados no cálculo da semelhança. A função irá percorrer a lista de objetos e irá chamar os algoritmos acima apresentados para obter a semelhança entre o objeto de *input* e o objeto da lista. No final, esta função retorna o objeto que teve a maior semelhança em relação ao objeto de *input*.

Os dados de teste utilizados para analisar os algoritmos implementados são provenientes de inquéritos a pacientes de DROC, fornecidos pela FMUP, sendo transformados em objetos constituídos por:

- Nome do paciente (exemplo: Paciente 1, Paciente 2, etc.);
- Vetor de valores numéricos, correspondentes à informação clínica do paciente.

Dado que o módulo proposto irá processar elevados volumes de dados, a avaliação da adequação destes métodos passará pela análise dos seus desempenhos, a nível temporal. Sendo assim, o estudo realizado consiste na execução da função descrita anteriormente 30 vezes, registando a sua duração, de acordo com os casos de teste seguintes:

- Execução da função utilizando 10 objetos para comparação;
- Execução da função utilizando 30 objetos para comparação;
- Execução da função utilizando 100 objetos para comparação;

- Execução da função utilizando todos os objetos disponíveis (728 objetos) para comparação.

Para cada caso de teste foram calculadas as médias das durações, obtendo-se os resultados apresentados na Tabela 5, em milissegundos. É de notar que, para cada caso de teste, os objetos foram selecionados aleatoriamente e utilizados pelos três algoritmos.

Tabela 5 - Resultados do estudo aos algoritmos

Caso	<i>Euclidean Distance</i>	<i>Cosine Similarity</i>	<i>Jaccard Index</i>
10 objetos	0,28	0,12	0,15
30 objetos	0,49	0,25	0,80
100 objetos	0,81	1,14	1,84
Todos os objetos	3,25	3,26	3,43

Como se pode verificar pelos resultados obtidos, expostos na Tabela 5 e no gráfico da Figura 86, para todos os algoritmos estudados, o aumento do número de objetos utilizados na comparação leva ao aumento da duração da sua execução. No entanto, há um algoritmo que se destaca pela negativa, o algoritmo composto pelo *Jaccard Index*, que apresenta o pior desempenho, com valores muito acima dos valores apresentados pelos restantes algoritmos, não sendo adequado para o módulo proposto.

Relativamente aos restantes algoritmos, estes apresentam desempenhos semelhantes no geral, sendo distinguidos pelo facto de que o algoritmo composto pelo *Euclidean Distance* apresenta melhor desempenho nos casos de teste com maior volume de dados (100 casos e todos os casos), enquanto que o algoritmo composto pelo *Cosine Similarity* apresenta melhor desempenho nos casos de teste com menor volume de dados (10 e 30 casos).

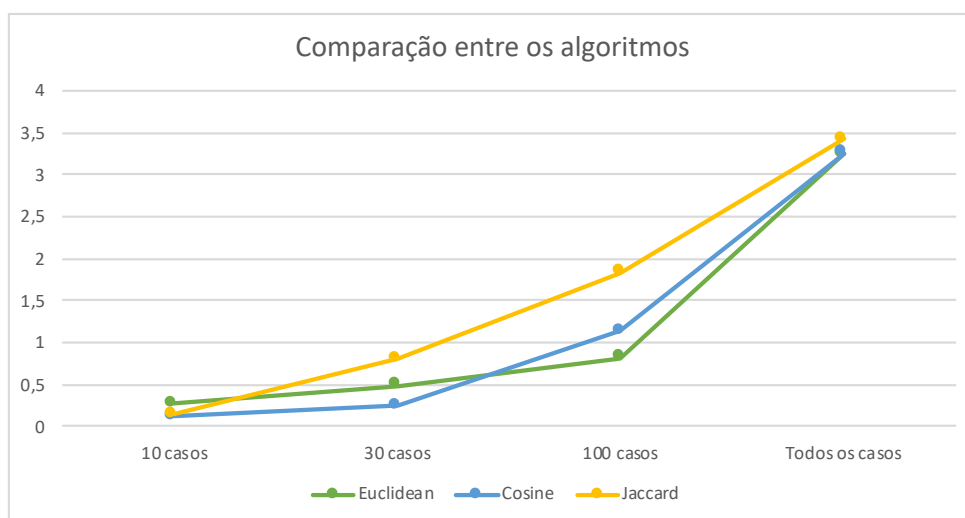


Figura 86 - Comparação entre os algoritmos

Como mencionado anteriormente, os algoritmos de *Euclidean Distance* e *Cosine Similarity* complementam-se no processamento dos dados, isto é, o *Euclidean Distance* apresenta melhor

desempenho quando o número de objetos é elevado enquanto que o *Cosine Similarity* tem melhor desempenho quando o número de objetos é menor. Assim sendo, ambos os algoritmos foram implementados no módulo proposto, sendo utilizados conforme o volume de dados que a ser utilizado no cálculo da semelhança entre pacientes.

Em relação aos dados que serão utilizados posteriormente na comparação de pacientes, será necessário selecionar aleatoriamente registos da base de dados do AIRDOC. Isto é devido ao facto de que a base de dados do AIRDOC conterà um elevado número de informações dos pacientes, não sendo possível processar todos os dados num período de tempo relativamente rápido.

6.2 Módulo de integração

Para o módulo de integração foi desenvolvida uma *Web API*, assente na plataforma .NET, que segue a arquitetura definida na Figura 55.

Esta *Web API* permite o controlo das comunicações realizadas entre os vários módulos do projeto AIRDOC, ao disponibilizar serviços que englobam as funcionalidades de gestão de conhecimento e gestão de regras, entre outros.

No Código 4 encontram-se os serviços disponibilizados pelo módulo de integração:

```
<?xml version="1.0"?>
<doc>
  <assembly>
    <name>AIRDOCWebAPI</name>
  </assembly>
  <members>
    <member name="M:AIRDOCWebAPI.Controllers.WebService.GetPatients">
      <summary>
        Gets list of patients.
      </summary>
      <returns>List of patients</returns>
    </member>
    <member name="M:AIRDOCWebAPI.Controllers.WebService.ExecuteRules">
      <summary>
        Executes the rules in the coaching module.
      </summary>
    </member>
    <member
name="M:AIRDOCWebAPI.Controllers.WebService.GetSimilarPatient(System.Int32)
">
      <summary>
        Gets the most similar patient to the one provided.
      </summary>
      <param name="id">Patient's id</param>
      <returns>Most similar patient to the one provided.</returns>
    </member>
```

```

    <member
name="M:AIRDOCWebAPI.Controllers.WebService.UpdateDroolsWithRules">
    <summary>
    Updates the list of rules in the coaching module.
    </summary>
    </member>
    <member
name="M:AIRDOCWebAPI.Controllers.WebService.AddNewRule(AIRDOCWebAPI.DTO.RuleDTO)">
    <summary>
    Adds a new rule to the list of rules in the coaching module.
    </summary>
    <param name="rule">Rule that is going to be inserted.</param>
    </member>
</members>
</doc>

```

Código 4 - Serviços disponibilizados pelo módulo de integração

Como se pode verificar acima, o módulo de integração disponibiliza cinco serviços:

- *GetPatients* – corresponde ao serviço que apresenta a lista de pacientes presentes na plataforma do AIRDOC;
- *ExecuteRules* – corresponde ao serviço que gera recomendações para os pacientes registados no sistema (a partir da execução das regras implementadas no módulo de suporte individualizado);
- *GetSimilarPatients* – corresponde ao serviço que obtém o paciente mais semelhante ao paciente selecionado (o paciente selecionado é representado a partir do seu id). O paciente semelhante é obtido através da execução do algoritmo de cálculo de semelhança (descrito na secção 6.1.2.2), implementado no módulo de suporte individualizado;
- *UpdateDroolsWithRules* – corresponde ao serviço que atualiza as regras existentes no módulo de suporte individualizado com a informação proveniente da matriz de decisão clínica;
- *AddNewRule* – corresponde ao serviço que permite adicionar uma nova regra à lista de regras já registadas no ficheiro de regras presente no módulo de suporte individualizado (mencionado na secção 6.1.2.1).

Relativamente à segurança do módulo de integração, foram utilizados os métodos disponibilizados pela plataforma .NET para a implementação do registo e autenticação de módulos no sistema. Desta forma, o acesso aos serviços disponibilizados é apenas possível para os módulos autenticados no sistema, garantindo a segurança dos dados que são processados e cumprindo, assim, os requisitos de segurança identificados na secção 5.1.3.2.

É de notar que, para além dos módulos que compõem o AIRDOC, esta *Web API* poderá ser utilizada por módulos externos ao projeto, de entidades que pretendam utilizar os serviços de

coaching disponibilizados pelo módulo de suporte individualizado, desenvolvido no presente trabalho. Exemplos de entidades externas que poderão utilizar o módulo de integração incluem as seguradoras de saúde, hospitais, empresas na área de saúde, entre outros (como apresentado no modelo de negócio da Figura 11).

7 Experimentação e avaliação

Neste capítulo será descrito o processo de experimentação e avaliação da solução desenvolvida, sendo apresentada a hipótese que foi testada e a respetiva metodologia de avaliação. No final do capítulo são apresentados os resultados obtidos.

7.1 Hipótese

De modo a realizar uma avaliação correta da solução final é necessário, em primeiro lugar, definir especificamente o que vai ser avaliado. Para isso são definidas hipóteses que irão ser testadas durante o processo de avaliação.

Tendo como principal objetivo o fornecimento de recomendações, é fundamental para o trabalho proposto avaliar se estas são corretamente geradas.

Como mencionado anteriormente, a geração das recomendações é feita com recurso à utilização de regras, sendo complementada com a utilização do CBR (confrontar secção 4.2). Sendo assim, a validação da solução desenvolvida consistiu no estudo do impacto da utilização do CBR no processo de geração de recomendações, tendo sido definida a seguinte hipótese a validar:

- A utilização do CBR permite a geração de mais recomendações.

7.2 Metodologia de avaliação

A seguir à identificação da hipótese é necessário definir como esta irá ser testada. Para isso, é desenhado o procedimento a seguir para obter informação e como esta irá ser analisada para avaliar a hipótese.

A validação da hipótese definida na secção anterior, 7.1, passou pela realização de várias simulações ao módulo de suporte individualizado desenvolvido, cujo fluxo de execução consistiu nos seguintes passos:

1. Definição de 30 pacientes de teste com diferentes perfis clínicos (por exemplo: paciente com asma, paciente com DPOC, entre outros);
2. Processamento dos dados dos pacientes com recurso a regras;
3. Processamento dos dados dos pacientes com recurso a regras e CBR;
4. Recolha do número de recomendações geradas para cada paciente em ambos os casos.

Após a execução das simulações, foram aplicados testes estatísticos aos valores recolhidos (quantidade de recomendações geradas) de modo a aferir se a utilização do CBR tem um impacto positivo neste processo, ou seja, se o CBR possibilita a geração de mais recomendações, em contraste com a utilização de regras.

7.3 Indicadores de avaliação

A avaliação da solução desenvolvida teve como base os resultados obtidos após a realização do processamento dos dados dos pacientes de teste, como mencionado na secção anterior. Sendo assim, a avaliação da solução foi realizada de forma quantitativa.

A partir dos números recolhidos, foi calculada a média para ambos os casos, ou seja, para a utilização de apenas as regras e para a utilização das regras e do CBR. Isto possibilitou uma comparação entre as duas opções, podendo ser verificado se o CBR tem um impacto positivo no processo de geração de recomendações ou não.

7.4 Validação da hipótese

Como mencionado na secção 7.2, a validação da hipótese definida passa pela realização de testes estatísticos, mais especificamente, testes de hipóteses.

Os testes de hipóteses têm como principal objetivo a aceitação ou rejeição da hipótese definida, através da análise dos dados recolhidos. Para isso, são definidas duas hipóteses, H_0 e H_1 , a partir da hipótese definida originalmente. O teste terá como foco H_0 , hipótese nula, assumida como verdadeira durante o teste e que será aceite ou rejeitada. H_1 , hipótese alternativa, é a hipótese que se pretende verificar como verdadeira (ANADI, 2017).

Para a análise do impacto da utilização adicional do CBR no número de recomendações geradas no módulo de suporte individualizado, foram definidas as hipóteses:

$$H_0: \mu_{\text{CBR}} = \mu_R$$

$$H_1: \mu_{\text{CBR}} > \mu_R$$

μ_{CBR} é relativo à média de recomendações geradas utilizando regras e o CBR, e μ_R é relativo à média das recomendações geradas recorrendo apenas ao uso de regras.

Para a validação da hipótese definida foi utilizado o teste *t test*. Esta escolha deveu-se ao facto de que a validação consistiu na comparação entre duas médias, μ_{CBR} e μ_R , e que as amostras utilizadas eram emparelhadas e tinham ambas o mesmo tamanho.

7.5 Resultados obtidos

A avaliação da solução desenvolvida decorreu conforme definido na secção 7.2, consistindo na realização de simulações para obter resultados relativos à utilização de regras e CBR no sistema.

Para a realização das simulações, foram utilizados dados fornecidos pela FMUP, relativos a pacientes com DROC. Estes dados foram convertidos em objetos que contêm o nome do paciente e um vetor de valores numéricos, correspondentes aos dados clínicos do paciente (à semelhança do processo descrito na secção 6.1.2.2), resultando em 728 pacientes de teste.

Como descrito anteriormente, a execução do CBR requer a definição de um paciente de *input*, ao qual será obtido o paciente mais semelhante, e uma lista com pacientes que serão utilizados no cálculo da semelhança. Sendo assim, a preparação dos dados para a realização das simulações passou pela definição, de forma aleatória, dos pacientes de *input* e das listas de pacientes para a comparação.

De forma a validar a hipótese definida na secção 7.1, a utilização do CBR permite a geração de mais recomendações, foram definidos quatro casos principais para a realização das simulações, que englobam todos os volumes de dados possíveis no sistema. Estes casos definem o número de pacientes que foram incluídos na lista utilizada na execução do CBR, apresentados a seguir:

1. 10 pacientes;
2. 30 pacientes;
3. 100 pacientes;
4. Todos os pacientes (728 pacientes).

Sendo assim, foram realizadas quatro simulações principais, em que cada uma seguiu o fluxo definido na secção 7.2, ou seja, para cada simulação definida:

1. Definição de 30 pacientes de *input* e lista de pacientes para comparação;

2. Para cada paciente:

- a. Execução das regras e registo das recomendações geradas;
- b. Execução das regras e do CBR, utilizando a lista de pacientes definida, e registo das recomendações geradas.

Após a realização das simulações definidas, foram obtidos os resultados apresentados na Tabela 6 e na Figura 87:

Tabela 6 - Resultados obtidos nas simulações

Simulação	Média de recomendações geradas - Regras	Média de recomendações geradas - CBR
10 pacientes	30,07	41,53
30 pacientes	28,20	44,53
100 pacientes	20,47	30,63
Todos os pacientes	23,27	31,27

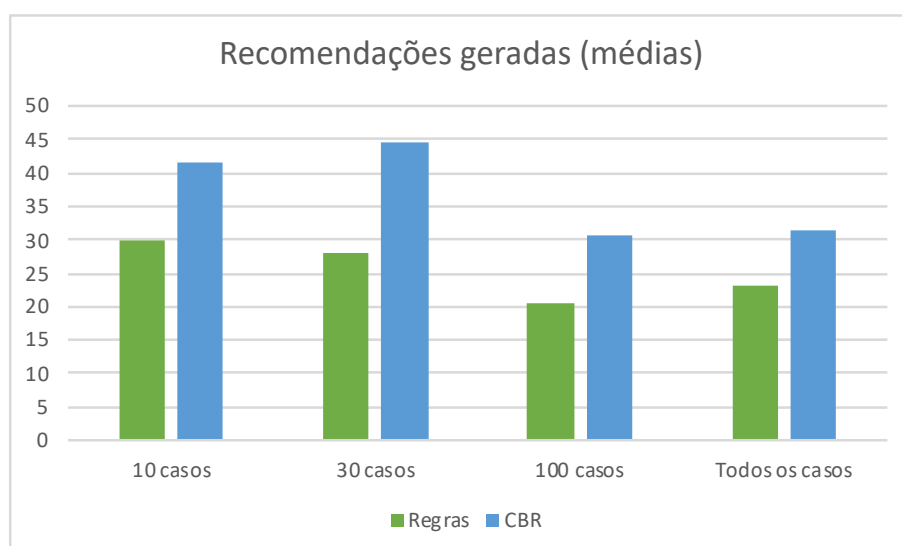


Figura 87 - Resultados obtidos nas simulações

Ao analisar os resultados apresentados na tabela e na figura anteriores, verifica-se que, para todos os casos definidos, o número de recomendações geradas a partir da execução do CBR é superior ao número de recomendações geradas a partir da execução das regras.

Relativamente às médias totais do número de recomendações geradas, a partir da execução das regras e da execução do CBR, foram obtidos os seguintes valores:

- $\mu_R = 25,50$;
- $\mu_{CBR} = 36,99$;

A partir destes resultados foi realizado o teste de hipóteses, *t test*, para amostras emparelhadas, como definido na secção 7.4. A um nível de significância de 5%, $\alpha = 0,05$, tem-se como *p-value* o valor 0,000000013. O *p-value* obtido é menor que o nível de significância definido, levando à rejeição da hipótese nula, $\mu_{\text{CBR}} = \mu_{\text{R}}$.

Conclui-se, assim, que ao nível de significância de 5%, existem evidências estatísticas que permitem afirmar que a utilização do CBR no sistema permite a geração de um maior número de recomendações, em contraste com a utilização de regras.

É de notar que, para além do estudo relativo ao número de recomendações geradas por ambas abordagens inteligentes, descrito acima, é necessário verificar se as recomendações geradas pelo CBR são adequadas ao estado clínico do paciente. Para isso, é necessário analisar o *feedback* dos profissionais de saúde e dos pacientes relativamente às recomendações geradas.

As recomendações geradas durante o estudo realizado para a avaliação da solução foram analisadas por profissionais de saúde, tendo sido verificado que as recomendações fornecidas são adequadas ao estado clínico dos pacientes considerados neste estudo.

8 Conclusões

Neste capítulo são apresentadas as conclusões retiradas do desenvolvimento do trabalho proposto. O capítulo é iniciado pela apresentação da síntese do trabalho realizado, seguida da apresentação dos objetivos concretizados e o impacto científico do presente trabalho. No final é descrito o trabalho futuro a realizar.

8.1 Síntese

O crescimento das tecnologias de informação, verificado nos últimos anos, tem levado à digitalização de processos realizados no quotidiano, procurando dar resposta a problemas existentes. Uma das áreas mais influenciadas por este crescimento é a medicina, na qual se procura desenvolver soluções tecnológicas para a monitorização e tratamento de pacientes, comprovado pelo surgimento de vários projetos, como o projeto nacional AIRDOC, cujo principal objetivo é a melhoria do estado de saúde de pacientes com doenças respiratórias.

O projeto AIRDOC, no qual o presente trabalho se encontra incluído, consiste no desenvolvimento de um sistema que permite o acompanhamento remoto de pacientes, apresentando informação adequada ao estado de saúde de cada paciente, como atividades que devem ser realizadas para tratamento da doença. A arquitetura definida para o sistema do AIRDOC é constituída por várias componentes, como aplicação móvel, módulo de processamento de sinal, entre outros. O presente trabalho teve como objetivo o desenvolvimento de dois módulos a serem integrados no sistema proposto pelo AIRDOC:

- Módulo de suporte individualizado inteligente – responsável pelo processamento de dados, recorrendo a algoritmos inteligentes, de forma a gerar recomendações personalizadas para os pacientes;
- Módulo de integração – responsável pela coordenação da comunicação entre o módulo de suporte individualizado e os restantes módulos que compõem o sistema do AIRDOC.

Esta comunicação consiste na aquisição de dados de pacientes e envio das informações geradas pelo módulo de suporte individualizado.

Relativamente ao estado da arte dos sistemas de acompanhamento remoto de pacientes, verificou-se que a maior parte apenas realiza o registo e a análise dos dados clínicos, não disponibilizando uma interação adequada ao estado clínico do paciente. Para além dos sistemas de monitorização, foram também exploradas abordagens inteligentes utilizadas na personalização de sistemas, tendo sido identificadas duas abordagens principais: (1) sistemas baseados em regras e (2) CBR.

A solução desenvolvida para o trabalho proposto consiste nos dois módulos definidos inicialmente, módulo de suporte individualizado inteligente e módulo de integração, em que é possível:

- Gerir o conhecimento do sistema, como variáveis, regras e informação clínica dos pacientes;
- Gerar recomendações personalizadas para os pacientes (recorrendo às abordagens inteligentes identificadas);
- Comunicar com os restantes módulos do AIRDOC de modo a adquirir informação (como os dados clínicos dos pacientes, *feedback* sobre as recomendações, entre outras informações) e enviar as recomendações geradas.

Dado que a solução desenvolvida tem como principal objetivo a geração de recomendações personalizadas, a avaliação da solução passou pela análise das recomendações geradas através da utilização do sistema de regras e da utilização do CBR, definindo-se como hipótese a validar: “a utilização do CBR permite a geração de mais recomendações”. A validação da hipótese consistiu na comparação do número de recomendações geradas a partir do sistema de regras e do número de recomendações geradas a partir da execução do sistema de regras e do CBR, concluindo-se que o CBR permite a geração de mais recomendações, em contraste com a utilização do sistema de regras.

8.2 Objetivos realizados

A solução desenvolvida para o trabalho proposto é composta por dois módulos, de suporte individualizado inteligente e de integração, cuja utilização resulta no acompanhamento personalizado de pacientes, ao gerar recomendações adequadas ao estado clínico destes (através do módulo de suporte individualizado inteligente) e posterior envio das recomendações para os pacientes (através do módulo de integração). De forma geral, a solução desenvolvida cumpre os objetivos definidos na secção 1.3.

Relativamente às funcionalidades específicas de cada módulo desenvolvido, representadas pelos requisitos funcionais apresentados na secção 5.1.2, foi elaborada a Tabela 7, que apresenta o grau de realização para cada requisito funcional identificado:

Tabela 7 - Objetivos realizados

Requisito funcional	Grau de realização
Gestão de variáveis	Implementado
Gestão de regras	Implementado
Gestão de informação clínica	Implementado
Receber informação do paciente	Implementado
Processar informação	Implementado
Enviar recomendação	Implementado
Receber <i>feedback</i> da recomendação	Não implementado
Processamento de pedidos	Implementado

Devido ao facto de que, durante o decorrer do presente trabalho, a aplicação móvel do projeto AIRDOC ainda se encontrava em desenvolvimento, não foi possível obter *feedback* dos pacientes relativamente às recomendações geradas. Desta forma, não foi implementado requisito funcional “Receber *feedback* da recomendação”.

A solução desenvolvida para o trabalho proposto é composta pelos restantes requisitos funcionais identificados, como se pode verificar pela Tabela 7. É de notar que a solução desenvolvida cumpre também os requisitos não funcionais identificados na secção 5.1.3, resultando num sistema que garante a segurança e integridade dos dados dos pacientes e que suporta comunicações com módulos externos (como os restantes módulos do AIRDOC).

As funcionalidades contempladas nos objetivos concretizados traduzem-se num sistema capaz de processar dados clínicos, obtidos através de outros módulos do AIRDOC, de forma a gerar recomendações adequadas para cada paciente presente no sistema. Este sistema permite também aos seus utilizadores (profissionais e gestores de saúde) a gestão do conhecimento presente, ou seja, gestão de variáveis, regras e informação clínica de pacientes. Desta forma, obtém-se um grau positivo em relação à realização dos objetivos do trabalho proposto.

8.3 Impacto científico

Durante o desenvolvimento do presente trabalho foi elaborado e publicado o seguinte artigo científico:

- “*Defining an Architecture for a Coaching Module to Support Self-Monitoring of Chronic Obstructive Respiratory Diseases*” (Vieira et al., 2019). Neste artigo foram explorados os sistemas de monitorização móveis presentes no mercado, e na literatura, e foi

também apresentada a arquitetura definida para o módulo de *coaching*. Este artigo foi apresentado na conferência “17th International Conference on Informatics, Management and Technology in Healthcare”.

8.4 Trabalho futuro

Embora a solução desenvolvida apresente as funcionalidades fundamentais para o cumprimento dos objetivos inicialmente definidos, resultando num sistema de *coaching* que disponibiliza recomendações personalizadas, esta deve ser melhorada de forma a contemplar todas os requisitos funcionais identificados e as componentes visadas pelo módulo de *coaching* proposto pelo projeto AIRDOC.

Como mencionado anteriormente, o requisito funcional relativo ao *feedback* dos pacientes não foi implementado, desta forma, um dos pontos fundamentais do trabalho futuro a realizar é a implementação deste requisito no sistema.

Relativamente às componentes do módulo de *coaching* proposto pelo AIRDOC, verifica-se pela Figura 1, que este é composto por quatro componentes: (1) Regras, (2) Recomendações, (3) Perfis de utilizadores e (4) Planos de *coaching*. Durante o decorrer do trabalho proposto foram implementadas duas destas quatro componentes visadas pelo AIRDOC, Regras e Recomendações, sendo o desenvolvimento das restantes componentes contemplado pelo trabalho futuro.

Para além da implementação das funcionalidades acima mencionadas, deve ser também realizado um estudo relativamente às recomendações geradas através da execução do CBR.

Dado que, para avaliar a adequação das recomendações ao estado clínico dos pacientes, é necessário receber o seu *feedback*, e que, durante o decorrer do trabalho proposto, a aplicação móvel proposta pelo AIRDOC ainda se encontrava em desenvolvimento, não foi possível avaliar a adequação das recomendações, segundo o *feedback* dos pacientes. Sendo assim, o trabalho futuro a realizar inclui, também, a avaliação da adequação das recomendações geradas através da execução do CBR, recorrendo ao *feedback* dos pacientes.

Referências

8.2. The Cosine Similarity algorithm - Chapter 8. Similarity algorithms [WWW Document], 2019. . Neo4j Graph Platf. – Lead. Graph Databases. URL <https://neo4j.com/docs/graph-algorithms/current/algorithms/similarity-cosine/> (visitado a 5.14.19).

325000 mobile health apps available in 2017 [WWW Document], 2017. . research2guidance. URL <https://research2guidance.com/325000-mobile-health-apps-available-in-2017/> (visitado a 12.27.18).

A. Kamphorst, B., 2017. E-coaching systems: What they are, and what they aren't 21, 625–632.

Aamodt, A., Plaza, E., 1994. Case-Based Reasoning: Foundational Issues, Methodological Variations, and System Approaches. *AI Commun.* 7, 39–59.

AioCare PRO [WWW Document], 2019. . App Store. URL <https://itunes.apple.com/us/app/aiocare-pro/id1366288748?mt=8> (visitado 1.14.19).

AioCare. Take Your Breath [WWW Document], n.d. URL <http://AioCare.com/> (visitado a 11.13.18).

American Heart Association [WWW Document], 2019. . Am. Heart Assoc. URL <https://www.heart.org/en/news/2018/11/10/what-is-a-medical-guideline-and-how-is-it-created> (visitado a 6.29.19).

ANADI, 2017. Testes de hipóteses paramétricos.

App Store - AioCare [WWW Document], 2018. . App Store. URL <https://itunes.apple.com/us/app/aiocare/id1256464210?mt=8> (visitado a 11.13.18).

Banos, O., Nugent, C., 2018a. E-Coaching for Health. *Computer* 51, 12–15. <https://doi.org/10.1109/MC.2018.1731070>

Banos, O., Nugent, C., 2018b. M-Coaching: Towards the Next Generation of Mobile-Driven Healthcare Support Services. *Computer* 51, 14–17.

Barrett, P., 2005. Euclidean distance: raw, normalized, and double-scaled coefficients.

Beattie, M., Zheng, H., Nugent, C., McCullagh, P., 2014. Self-management of COPD: A technology driven paradigm.

Begum, S., Ahmed, M.U., Funk, P., Xiong, N., Folke, M., 2011. Case-Based Reasoning Systems in the Health Sciences: A Survey of Recent Trends and Developments. *IEEE Trans. Syst. Man Cybern. Part C Appl. Rev.* 41, 421–434. <https://doi.org/10.1109/TSMCC.2010.2071862>

Burden of COPD [WWW Document], 2018. . WHO. URL <https://www.who.int/respiratory/copd/burden/en/> (visitado a 12.27.18).

C. Larson, E., Goel, M., Boriello, G., Heltshe, S., Rosenfeld, M., N. Patel, S., 2012. SpiroSmart: Using a microphone to measure lung function on a mobile phone. *UbiComp12 - Proc. 2012 ACM Conf. Ubiquitous Comput.* <https://doi.org/10.1145/2370216.2370261>

Carneiro, J., Conceição, L., Martinho, D., Marreiros, G., Novais, P., 2018a. Including cognitive aspects in multiple criteria decision analysis. *Ann. Oper. Res.* 265, 269–291. <https://doi.org/10.1007/s10479-016-2391-1>

Carneiro, J., Martinho, D., Marreiros, G., Jimenez, A., Novais, P., 2018b. Dynamic argumentation in UbiGDSS. *Knowl. Inf. Syst.* 55, 633–669. <https://doi.org/10.1007/s10115-017-1093-6>

Carneiro, J., Martinho, D., Marreiros, G., Novais, P., 2016. Intelligent negotiation model for ubiquitous group decision scenarios. *Front. Inf. Technol. Electron. Eng.* 17, 296–308. <https://doi.org/10.1631/FITEE.1500344>

Carneiro, J., Martinho, D., Marreiros, G., Novais, P., 2015. A general template to configure multi-criteria problems in Ubiquitous GDSS. *Int. J. Softw. Eng. Its Appl.* 9, 193–206. <https://doi.org/10.14257/ijseia.2015.9.11.18>

Carneiro, J., Saraiva, P., Martinho, D., Marreiros, G., Novais, P., 2018c. Representing decision-makers using styles of behavior: An approach designed for group decision support systems. *Cogn. Syst. Res.* 47, 109–132. <https://doi.org/10.1016/j.cogsys.2017.09.002>

Cassano, F., Piccinno, A., Roselli, T., Rossano, V., 2018. Gamification and Learning Analytics to Improve Engagement in University Courses, in: *Methodologies and Intelligent Systems for Technology Enhanced Learning, 8th International Conference*. Presented at the International Conference in Methodologies and intelligent Systems for Techhnology Enhanced Learning, Springer, Cham, pp. 156–163. https://doi.org/10.1007/978-3-319-98872-6_19

Causes of COPD [WWW Document], 2018. . WHO. URL <https://www.who.int/respiratory/copd/causes/en/> (visitado a 12.11.18).

COPD: Facts, Statistics, and You [WWW Document], 2018. . Healthline. URL <https://www.healthline.com/health/copd/facts-statistics-infographic> (visitado a 12.27.18).

COPD management [WWW Document], 2018. . WHO. URL <https://www.who.int/respiratory/copd/management/en/> (visitado a 12.11.18).

Costa, R., Novais, P., Neves, João, Marreiros, G., Ramos, C., Neves, José, 2008. VirtualECare: Group Decision Supported by idea Generation and Argumentation, in: *Camarinha-Matos, L.M., Picard, W. (Eds.), Pervasive Collaborative Networks, IFIP – The International Federation for Information Processing*. Springer US, pp. 293–300.

De Pessemer, T., Martens, L., 2018. Heart rate monitoring, activity recognition, and recommendation for e-coaching. *Multimed. Tools Appl.* 77, 23317–23334. <https://doi.org/10.1007/s11042-018-5640-2>

DeSanctis, G., Gallupe, R.B., 1984. Group Decision Support Systems: A New Frontier. *DATA BASE* 16, 3–10. <https://doi.org/10.1145/1040688.1040689>

Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R., Nacke, L., 2011. From Game Design Elements to Gamefulness: Defining Gamification, in: *Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments*. Presented at the MindTrek '11. <https://doi.org/10.1145/2181037.2181040>

Di Marco, F., Verga, M., Reggente, M., Maria Casanova, F., Santus, P., Blasi, F., Allegra, L., Centanni, S., 2006. Anxiety and depression in COPD patients: The roles of gender and disease severity.

Diagnosis of COPD [WWW Document], 2018. . WHO. URL <https://www.who.int/respiratory/copd/diagnosis/en/> (visitado a 12.11.18).

Digital health analysis & strategy consulting [WWW Document], n.d. . research2guidance. URL <https://research2guidance.com/> (visitado a 12.27.18).

Direção-Geral da Saúde, 2008. Orientação Técnica sobre Tratamento Farmacológico da Doença Pulmonar Obstrutiva Crónica (DPOC).

Doyle, D., Cunningham, P., Walsh, P., 2005. An Evaluation of the Usefulness of Explanation in a CBR System for Decision-Support in Bronchiolitis Treatment, in: ICCBR Workshops.

Drools - Drools - Business Rules Management System (Java™, Open Source) [WWW Document], 2018. URL <https://www.drools.org/> (visitado a 11.22.18).

Drools.NET [WWW Document], n.d. . SourceForge. URL <https://sourceforge.net/projects/drooldotnet/> (visitado a 2.2.19).

EINOV, 2018a. EINOV 0.2 - Definição do Negócio - CANVAS.

EINOV, 2018b. EINOV 0.2 - Definição do Negócio - CANVAS - TEMPLATE PPT.

Fitbit Official Site for Activity Trackers and More [WWW Document], 2018. URL <https://www.fitbit.com/eu/home> (visitado a 12.10.19).

Fonseca, J.A., Costa-Pereira, A., Delgado, L., Fernandes, L., Castel-Branco, M.G., 2006. Asthma patients are willing to use mobile and web technologies to support self-management. *Allergy* 61, 389–390. <https://doi.org/10.1111/j.1398-9995.2006.01016.x>

Forum of International Respiratory Societies, European Respiratory Society, 2017. The global impact of respiratory disease.

Gibson, G.J., Loddenkemper, R., Lundbäck, B., Sibille, Y., 2013. Respiratory health and disease in Europe: the new European Lung White Book. *Eur. Respir. J.* 42, 559–563. <https://doi.org/10.1183/09031936.00105513>

Grosan, C., Abraham, A., 2011. Rule-Based Expert Systems, in: Grosan, C., Abraham, A. (Eds.), *Intelligent Systems: A Modern Approach*, Intelligent Systems Reference Library. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, pp. 149–185. https://doi.org/10.1007/978-3-642-21004-4_7

Huang, A., 2008. Similarity measures for text document clustering. *Proc. 6th N. Z. Comput. Sci. Res. Stud. Conf.*

Infarmed, 2018. Anti-Histamínicos [WWW Document]. URL <http://www.infarmed.pt/documents/15786/2713015/Anti-histam%C3%ADnicos/417480e7-a88b-4fbc-9111-6036346588d6> (visitado a 12.11.18).

Ioffe, S., 2010. Improved Consistent Sampling, Weighted Minhash and L1 Sketching, in: 2010 IEEE International Conference on Data Mining. Presented at the 2010 IEEE International Conference on Data Mining, pp. 246–255. <https://doi.org/10.1109/ICDM.2010.80>

Khurana, L., Durand, E.M., Gary, S.T., Otero, A.V., Hall, C., Berry, K., Evans, C.J., Dallabrida, S.M., Arnera, V., 2016. Patient preference for using computers, smartphones, and internet to participate in COPD clinical trials. *Eur. Respir. J.* 48, PA2899. <https://doi.org/10.1183/13993003.congress-2016.PA2899>

Koen, P., Ajamian, G., Burkart, R., Clamen, A., Davidson, J., D'Amore, R., Elkins, C., Herald, K., Incorvia, M., Johnson, A., Karol, R., Seibert, R., Slavejkov, A., Wagner, K., 2001. Providing Clarity and Common Language to the Fuzzy Front End. *Res.-Technol. Manag.* 44, 46–55.

Koen, P., M. Ajamian, G., Boyce, S., Clamen, A., Fisher, E., Fountoulakis, S., Johnson, A., Puri, P., Seibert, R., 2002. Fuzzy Front End: Effective Methods, Tools, and Techniques.

Koen, P.A., Bertels, H.M.J., Kleinschmidt, E., 2014. Managing the Front End of Innovation—Part I: Results From a Three-Year Study. *Res.-Technol. Manag.* 57, 34–43. <https://doi.org/10.5437/08956308X5702145>

Kolodner, J., 2014. Case-Based Reasoning. Morgan Kaufmann.

Mannino, D.M., Buist, A.S., 2007. Global burden of COPD: risk factors, prevalence, and future trends 370.

Marques da Silva, C., Lindič, J., 2011. Value proposition as a catalyst for a customer focused innovation. *Manag. Decis.* 49, 1694–1708. <https://doi.org/10.1108/00251741111183834>

Marreiros, G., Ramos, C., Neves, J., 2007. Modeling group decision meeting participants with an Agent-based approach.

Martinho, D., Carneiro, J., Marreiros, G., Novais, P., 2015. Dealing with agents' behaviour in the decision-making process, in: *Ambient Intelligence and Smart Environments*. Presented at the Workshop Proceedings of the 11th International Conference on Intelligent Environments, IOS Press, pp. 4–14. <https://doi.org/10.3233/978-1-61499-530-2-4>

MATCP, 2015. Testes de Hipóteses.

Mena, J., Flores, E.G.R., Ramírez-Velarde, R., Ramírez-Montoya, M.S., 2018. The Use of Gamification as a Teaching Methodology in a MOOC About the Strategic Energy Reform in México, in: *Methodologies and Intelligent Systems for Technology Enhanced Learning*, 8th International Conference. Presented at the International Conference in Methodologies and intelligent Systems for Technology Enhanced Learning, Springer, Cham, pp. 29–36. https://doi.org/10.1007/978-3-319-98872-6_4

Microsoft, 2019. What is .NET? [WWW Document]. Microsoft. URL <https://dotnet.microsoft.com/learn/dotnet/what-is-dotnet> (visitado a 2.1.19).

MIR Smart One: Peak Flow and FEV1 now available on your iOS and Android Smart Phones [WWW Document], 2018. URL <https://www.spirometry.com/ENG/Products/smartone.asp> (visitado a 11.13.18).

Nicola, S., 2018. *Análise_3_20_NOV_2018_1,5*.

Nicola, S., Ferreira, E.P., Ferreira, J.J.P., 2012. A novel framework for modeling value for the customer, an essay on negotiation. *Int. J. Inf. Technol. Decis. Mak.* 11, 661–703. <https://doi.org/10.1142/S0219622012500162>

Nooitgedagt, A., Beun, R.J., Dignum, F., 2017. e-Coaching for Intensive Cardiac Rehabilitation, in: de Vries, P.W., Oinas-Kukkonen, H., Siemons, L., Beerlage-de Jong, N., van Gemert-Pijnen, L. (Eds.), *Persuasive Technology: Development and Implementation of Personalized Technologies to Change Attitudes and Behaviors*, Lecture Notes in Computer Science. Springer International Publishing, pp. 31–42.

Nu Phyu, T., 2009. Survey of Classification Techniques in Data Mining. *Lect. Notes Eng. Comput. Sci.* 2174.

Oliveira, T., Leite, D., Marreiros, G., 2016. PersonalFit: Fitness App with intelligent plan generator. pp. 127–128. <https://doi.org/10.1145/2948992.2949014>

Osterwalder, A., Pigneur, Y., 2003. Modeling Value Propositions in e-Business, in: Proceedings of the 5th International Conference on Electronic Commerce, ICEC '03. ACM, New York, NY, USA, pp. 429–436. <https://doi.org/10.1145/948005.948061>

Pratiwi, P., W. Tjondronegoro, D., Xu, Y., Li, Y., Trost, S., Clanchy, K., 2018. Automated e-Coaching System Architecture Framework for Promoting Physical Activity. pp. 88–91. <https://doi.org/10.1109/ICoIAS.2018.8494163>

PricewaterhouseCoopers, 2013. The global mHealth market opportunity and sustainable reimbursement models [WWW Document]. URL <https://www.pwc.com/gx/en/healthcare/mhealth/mhealth-insights/assets/pwc-mhealth-mobile-market-6.pdf> (visitado a 12.27.18).

PricewaterhouseCoopers, n.d. PwC [WWW Document]. PwC. URL <https://www.pwc.com/gx/en.html> (visitado a 12.27.18).

Projected global mHealth market size 2012-2020 | Statista [WWW Document], 2018. . Statista. URL <https://www.statista.com/statistics/295771/mhealth-global-market-size/> (visitado a 12.27.18).

QFD Online [WWW Document], 2019. URL <http://www.qfdonline.com/> (visitado a 1.8.19).

Resp.io [WWW Document], 2018. URL <http://www.resp.io/> (visitado a 11.13.18).

Ribbers, A., Waringa, A., 2015. E-Coaching: Theory and practice for a new online approach to coaching. Routledge.

Sacadura, P., 2019. AIRDOC. CINTESIS. URL <http://cintesis.eu/pt/portfolio-items/airdoc-aplicacao-movel-inteligente-para-suporte-individualizado-e-monitorizacao-da-funcao-e-sons-respiratorios-de-doentes-obstrutivos-cronicos/> (visitado a 2.11.19).

Salvi, D., Ottaviano, M., Muuraiskangas, S., Martinez-Romero, A., Vera-Muñoz, C., Triantafyllidis, A., Cabrera-Umpierrez, M., Arredondo, M., Skobel, E., Knackstedt, C., Liedes, H., Honka, A., Luprano, J., Gf Cleland, J., Stut, W., Deighan, C., 2017. An m-Health system for education and motivation in cardiac rehabilitation: the experience of HeartCycle guided exercise. *J. Telemed. Telecare* 24. <https://doi.org/10.1177/1357633X17697501>

Schmidt, R., Vorobieva, O., 2006. Case-based reasoning investigation of therapy inefficacy. *Knowl.-Based Syst., AI 2005 SI* 19, 333–340. <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2005.11.016>

Seaborn, K., Fels, D.I., 2015. Gamification in theory and action: A survey. *Int. J. Hum.-Comput. Stud.* 74, 14–31. <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2014.09.006>

Siddiqui, A.W., Raza, S.A., Tariq, Z.M., 2018. A web-based group decision support system for academic term preparation. *Decis. Support Syst.* 114, 1–17. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2018.08.005>

Sidorov, G., Gelbukh, A., Gomez Adorno, H., Pinto, D., 2014. Soft Similarity and Soft Cosine Measure: Similarity of Features in Vector Space Model. *Comput. Sist.* 18. <https://doi.org/10.13053/cys-18-3-2043>

Statista - The Statistics Portal for Market Data, Market Research and Market Studies [WWW Document], 2018. URL <https://www.statista.com/> (visitado a 12.27.18).

Stephanie, 2016. Jaccard Index / Similarity Coefficient [WWW Document]. *Stat. To.* URL <https://www.statisticshowto.datasciencecentral.com/jaccard-index/> (visitado a 5.14.19).

Stethoscope – CliniCloud [WWW Document], 2018. URL <https://clinicloud.com/store/stethoscope/> (visitado a 11.13.18).

Takahashi, M., Kawasaki, H., Maeda, A., Nakamura, M., 2016. Mobile Walking Game and Group-walking Program to Enhance Going out for Older Adults, in: Proceedings of the 2016 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing: Adjunct, UbiComp '16. ACM, New York, NY, USA, pp. 1372–1380. <https://doi.org/10.1145/2968219.2968415>

Tran, H.A., Ngo, Q.T., Pham, H.H., 2015. An Application for Diagnosing Lung Diseases on Android Phone, in: Proceedings of the Sixth International Symposium on Information and Communication Technology, SolICT 2015. ACM, New York, NY, USA, pp. 328–334. <https://doi.org/10.1145/2833258.2833289>

Veen, E. van, Bovendeert, J.F.M., Backx, F.J.G., Huisstede, B.M.A., 2017. E-coaching: New future for cardiac rehabilitation? A systematic review. *Patient Educ. Couns.* 100, 2218–2230.

Vicente, O., Vicente, S., Martin, D., Rodriguez-Florido, M.A., Maynar, M., 2014. Health Gamification, in: Proceedings of the 2014 Summer Simulation Multiconference, SummerSim '14. Society for Computer Simulation International, San Diego, CA, USA, pp. 57:1–57:7.

Vieira, A., Martinho, D., Martins, C., Almeida, A., Marreiros, G., 2019. Defining an Architecture for a Coaching Module to Support Self-Monitoring of Chronic Obstructive Respiratory Diseases. Presented at the 17th International Conference on Informatics, Management and Technology in Healthcare.

Warwick Manufacturing Group, 2007. Quality Function Deployment.

Why Fitbit [WWW Document], 2018. URL <https://www.fitbit.com/eu/whyfitbit> (visitado a 12.10.18).

Woodall, T., 2003. Conceptualising “Value for the Customer”: An Attributional, Structural and Dispositional Analysis. *Acad. Mark. Sci. Rev.* 12.

Yazdani, M., Zarate, P., Coulibaly, A., Zavadskas, E.K., 2017. A group decision making support system in logistics and supply chain management. *Expert Syst. Appl.* 88, 376–392. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2017.07.014>

Yohannes, A.M., Alexopoulos, G.S., 2014. Depression and anxiety in patients with COPD. *Eur. Respir. Rev.* 23, 345–349. <https://doi.org/10.1183/09059180.00007813>

Yuan, C.Z., Isa, D., Blanchfield, P., 2008. A Hybrid Data Mining and Case-Based Reasoning User Modeling System (HDCU) for Monitoring and Predicting of Blood Sugar Level, in: 2008 International Conference on Computer Science and Software Engineering. Presented at the 2008 International Conference on Computer Science and Software Engineering, pp. 653–656. <https://doi.org/10.1109/CSSE.2008.1095>