



Lisbon School
of Economics
& Management
Universidade de Lisboa

MESTRADO EM MÉTODOS QUANTITATIVOS PARA A DECISÃO ECONÓMICA E EMPRESARIAL

TRABALHO FINAL DE MESTRADO

RELATÓRIO DE ESTÁGIO

DOCUMENTO DEFINITIVO

**ANÁLISE DE CONFORMIDADE EM PROCESSOS DE SAÚDE:
OBESIDADE NO HOSPITAL DA LUZ DE LISBOA**

CAROLINA VIDINHA VITORINO

ORIENTAÇÃO:

PROF^a DOUTORA RAQUEL MONTEIRO DE NOBRE COSTA BERNARDINO (ISEG)

PROF. DOUTOR FILIPE COSTA (HOSPITAL DA LUZ, LISBOA)

DOCUMENTO ESPECIALMENTE ELABORADO PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE

OUTUBRO - 2022

Glossário

AMP - Atendimento Médico Permanente

ASMBS - *American Society for Metabolic and Bariatric Surgery*

BPMN – *Business Process Management Notation*

CP - *Clinical Pathway*

CTODM - Centro de Tratamento de Obesidade e Doenças Metabólicas

EASO - *European Association for the Study of Obesity*

EL - *Event Log*

IMC - Índice de Massa Corporal

MCDT - Meio Complementar de Diagnóstico e Tratamento

OMG - *Object Management Group*

OMS - Organização Mundial de Saúde

SNS - Serviço Nacional de Saúde

Resumo

A adoção de protocolos clínicos por parte das organizações de saúde surge da necessidade de reforçar a qualidade do tratamento prestado, aliando as exigências do setor à evolução tecnológica verificada na análise de procedimentos médicos. Tendo em conta a complexidade dos processos clínicos, verifica-se a existência de desvios entre o percurso idealmente percorrido pelo paciente, descrito nos protocolos de prática clínica, e o seu trajeto real, o que acaba por condicionar a qualidade do serviço prestado e, potencialmente, os resultados clínicos obtidos. Desta forma, a avaliação da conformidade existente nos processos de saúde é crucial para que os protocolos clínicos implementados possam ser melhorados e, conseqüentemente, aumentada a eficiência no tratamento de cada paciente.

O presente estudo tem como objetivo avaliar a conformidade existente entre a prática clínica observada e o percurso clínico pré-estabelecido, recorrendo a técnicas de *Process Mining*. O modelo proposto avalia a conformidade existente numa amostra de 69 pacientes do Hospital da Luz de Lisboa, que realizaram cirurgia bariátrica como forma de tratamento para a obesidade, utilizando o *software* ProM.

Tendo em conta os resultados obtidos, não existe evidência de conformidade total com o protocolo clínico, pois foi possível concluir que nenhum paciente cumpre na integralidade o trajeto pré-definido. Verifica-se, assim, um grande espaço para melhoria, uma vez que os valores obtidos para a *fitness* individual se encontram muito aquém do considerado como satisfatório e, em média, apenas um quarto do trajeto teórico foi concluído pelos pacientes.

Palavras-chave: Análise de Conformidade, *Clinical Pathway*, *Event Log*, *Process Mining*, Obesidade, Cirurgia Bariátrica.

Abstract

The implementation of clinical protocols by health organizations arises from the need to increase the quality of the treatment provided, combining the demands of the sector with the technological evolution verified in the analysis of medical procedures. Considering the complexity of clinical processes, there are deviations between the pathway ideally taken by the patient, described in the clinical practice protocols, and their actual pathway, which ultimately affect the quality of the service provided and, potentially, the clinical outcomes. In this way, the evaluation of existing conformance in health processes is crucial so that the implemented clinical protocols can be improved and, consequently, the efficiency in the treatment of each patient increases.

This study intends to evaluate the existing conformance between the observed clinical practice and the pre-established clinical pathway, using Process Mining techniques. The proposed model evaluates the existing compliance in a sample of 69 clinical cases from Hospital da Luz de Lisboa, who underwent bariatric surgery as a form of treatment for obesity, using the Process Mining software - ProM.

Taking into account the obtained results, it was concluded that no patient fully complies with the pre-defined pathway, with no evidence of full conformance with the clinical protocol. There is a large room for improvement, since the values obtained for the individual fitness fall far short of what is considered satisfactory and, on average, only a quarter of the theoretical pathway was completed by the patients.

Keywords: *Conformance Analysis, Clinical Pathway, Event Log, Process Mining, Obesity, Bariatric Surgery.*

Agradecimentos

Este trabalho só foi possível graças ao apoio e motivação de pessoas especiais, que estiveram ao meu lado durante todo o mestrado e no desenvolvimento deste Trabalho Final de Mestrado.

O meu mais profundo agradecimento vai para os meus pais, Paula e Jorge. Obrigada pelo apoio incondicional em todas as fases da minha vida e por me darem a oportunidade de concretizar este sonho. Obrigada por me mostrarem todos os dias que o céu é o limite e que com amor, dedicação e humildade o caminho para lá chegar se torna menos difícil.

À minha orientadora, Professora Raquel Bernardino, o meu mais sincero obrigado. Sem a sua ajuda e orientação, esta tese não seria possível. Agradeço a disponibilidade e todo o tempo que dedicou ao meu TFM. O seu apoio nos momentos mais desafiantes foi crucial, assim como todo o conhecimento partilhado e as sugestões de melhoria que permitiram elevar a qualidade do trabalho entregue. Gostaria também de agradecer à coordenadora do meu mestrado, Professora Cândida Mourão, pela dedicação e acompanhamento ao longo dos dois últimos anos.

Ao Professor Filipe Costa, Pedro Cardoso e Ana Bilé, da Luz Saúde, por permitirem que este estudo fosse possível e pelo constante acompanhamento ao longo do seu desenvolvimento.

Aos meus irmãos, Francisca e Tiago, por serem os melhores amigos que o universo me deu. Obrigada pelo carinho e por estarem sempre presentes em todos os momentos.

Ao Pedro, por caminhar sempre ao meu lado. Obrigada por acreditares em mim quando eu duvidei e por celebrares as minhas conquistas como se fossem tuas.

Por último, ao melhor que o ISEG me deu, João e Pedro. Obrigada pela amizade que partilhámos ao longo dos últimos anos e por terem tornado esta jornada um bocadinho menos solitária.

Índice

1. Introdução	1
2. Revisão da Literatura.....	3
2.1. Obesidade	3
2.2. <i>Clinical Pathway</i>	5
2.2.1. Diretrizes Clínicas de Referência	6
2.2.2. Implementação do <i>Clinical Pathway</i>	7
2.3. <i>Process Mining</i>	8
2.3.1. <i>Event Log</i>	9
2.3.2. Técnicas de <i>Process Mining</i>	10
3. Caso de Estudo.....	16
3.1. <i>Clinical Pathway</i> - Hospital da Luz	16
3.2. Análise do <i>Clinical Pathway</i> - Hospital da Luz	17
4. Metodologia.....	19
4.1. Processamento de Dados	19
4.1.1. Etapas do Processamento	19
4.1.2. Dados Processados	22
4.2. Modelação Processual do <i>Clinical Pathway</i>	23
4.3. <i>Software ProM</i>	23
4.3.1. Algoritmo Aplicado.....	24
4.3.2. <i>Plug-ins</i> Utilizados	26
5. Resultados e Discussão	28
5.1. Análise Estatística da Amostra	28
5.2. Análise de Conformidade	29
5.2.1. Resultados Gerais de Conformidade	30
5.2.2. Distribuição da <i>Fitness</i> por Níveis de Conformidade	31
5.2.3. Análise da Relação entre a <i>Fitness</i> e Outras Variáveis	32
5.3. Análise de Interações entre os Profissionais de Saúde	35
6. Conclusões e Trabalhos Futuros	37
7. Referências Bibliográficas	39
Anexos.....	43
Anexo 1 – Elementos Gráficos de BPMN.....	43
Anexo 2 – <i>Clinical Pathway</i> da Obesidade	45
Anexo 3 – Modelação do <i>Clinical Pathway</i>	48

Índice de Tabelas

Tabela 1. Classificação de acordo com o Índice de Massa Corporal	4
Tabela 2. Exemplo de <i>Event Log</i>	10
Tabela 3. Distribuição de Eventos por Atividade	22
Tabela 4. Caracterização Geral da Amostra	28
Tabela 5. Resultados Gerais de Conformidade.....	31
Tabela 6. Resultados Gerais da <i>Fitness</i>	31

Índice de Figuras

Figura 1. Aplicação de técnicas <i>Process Mining</i> na área da saúde	11
Figura 2. Modelo BPMN para um CP simplificado para obesidade	13
Figura 3. Distribuição do número de eventos da amostra	29
Figura 4. Análise de Conformidade – <i>output</i> gerado pelo <i>plug-in Project Aligment to Log (PNetReplayer)</i>	30
Figura 5. Distribuição dos valores obtidos para a <i>fitness</i> por níveis de conformidade	32
Figura 6. Diagrama de dispersão: <i>fitness</i> vs. número de eventos por paciente	33
Figura 7. Diagrama de dispersão: <i>fitness</i> vs. duração do trajeto do paciente.....	34
Figura 8. <i>Output</i> gerado pelo <i>plug-in Handover of work</i>	36
Figura 9. <i>Output</i> gerado pelo <i>plug-in Working together</i>	36

Índice de Equações

Equação 1. - Algoritmo A* - Função de Avaliação	25
Equação 2. - <i>Cost-based replayer</i> - Função <i>Fitness</i>	26

1. Introdução

Nos últimos anos, tem-se verificado um rápido desenvolvimento dos sistemas de informação hospitalar, tornando-se mais complexos e com uma maior capacidade para gerir o crescente número de dados gerados. Simultaneamente, a ciência e a tecnologia estão em constante evolução, o que possibilita a aplicação de técnicas de *Process Mining* aos dados clínicos recolhidos. Estas técnicas permitem a descoberta de padrões e relações entre os procedimentos médicos efetuados em cada organização. A extração deste conhecimento promove a melhoria do fluxo de atividades associado aos protocolos clínicos implementados, aumentando a eficiência no tratamento de cada paciente (Van de Klundert et al., 2010).

Dada a complexidade dos processos clínicos, verifica-se a existência de discrepâncias entre o percurso idealmente percorrido por um paciente, descrito nos protocolos de prática clínica, e o seu trajeto real, o que acaba por condicionar a qualidade dos serviços médicos prestados e, conseqüentemente, os resultados clínicos obtidos (Rovani et al., 2015). Ao comparar os dados dos pacientes de cada organização com os protocolos estabelecidos é possível identificar em que momentos o cuidado prestado pelos profissionais de saúde se distanciou do cuidado esperado e quantificar o nível de conformidade existente (Yang and Su, 2014). Nesta ótica, torna-se cada vez mais relevante realizar uma análise de conformidade entre a prática clínica observada e o percurso clínico pré-estabelecido para que se possa melhorar os protocolos implementados, reduzir variações que se considerem desnecessárias e adotar novas técnicas para impor a execução de melhores práticas, com o objetivo final de prestar um serviço de saúde de alta qualidade (Frutos et al., 2007).

Deste modo, o objetivo principal deste trabalho consiste em medir a conformidade e identificar potenciais desvios entre o percurso clínico efetuado pelo paciente e o trajeto teórico pré-definido, utilizando o software de *Process Mining* – ProM.

No Hospital da Luz de Lisboa existe um esforço no sentido de aumentar a eficiência dos processos implementados, beneficiando dos avanços tecnológicos verificados na área de *Business Intelligence*. Assim, surgiu a oportunidade de realizar uma análise de conformidade aos pacientes que efetuaram cirurgia bariátrica neste hospital em 2021, como forma de tratamento para a obesidade.

O presente relatório é constituído por seis capítulos. Após este capítulo introdutório, segue-se o Capítulo 2 que contém a revisão da literatura. Esta inicia-se com a apresentação da patologia em estudo, seguindo-se a apresentação de conceitos, que inclui a definição de *Clinical Pathway* (CP) e das diretrizes clínicas, e a exposição da importância da realização da análise de conformidade em contexto clínico. Também os conceitos e as técnicas de *Process Mining* são descritos neste capítulo. O Capítulo 3 expõe o caso prático em estudo, apresentando o Hospital da Luz de Lisboa e o CP implementado para a patologia em causa. Também se encontra incluída uma análise comparativa entre o CP da instituição e as diretrizes clínicas de entidades de referência. O Capítulo 4 descreve o modelo de avaliação de conformidade proposto e a metodologia realizada para o executar, desde o processamento de dados, modelação processual do CP e utilização do *software*. O Capítulo 5 apresenta os resultados obtidos para a análise de conformidade. Inicia-se com uma breve caracterização estatística da amostra, seguindo-se a análise e avaliação dos níveis de conformidade obtidos. Também é realizada uma análise das interações observadas entre os profissionais de saúde durante o trajeto clínico do paciente, numa ótica de gestão de recursos humanos. Por último, o Capítulo 6 resume o trabalho desenvolvido, detalha as suas principais contribuições e limitações e sugere futuros desenvolvimentos.

2. Revisão da Literatura

A conformidade verificada entre a prática clínica realizada e as recomendações teóricas existentes é um tópico central em todas as organizações da área da saúde. Deste modo, a realização da análise de conformidade entre o plano de atuação teórico e o real é considerada de extrema importância, constituindo um fator crítico de sucesso para as instituições de saúde.

A Secção 2.1. deste capítulo contém uma breve apresentação da patologia em estudo, a obesidade. A Secção 2.2. apresenta os conceitos necessários para compreender o CP, referindo os benefícios e desafios inerentes à sua implementação. Por último, a Secção 2.3. expõe os conceitos e técnicas de *Process Mining* utilizados para dados de execução de processos e a importância da sua utilização por parte das organizações de saúde.

2.1. Obesidade

A obesidade é definida como a acumulação excessiva de tecido adiposo resultante da ingestão prolongada de um excesso de energia face às necessidades do organismo (OMS, 2000). O aumento crescente da prevalência desta patologia deve-se, não só ao desequilíbrio causado pelo excesso alimentar, mas também a fatores inerentes ao indivíduo (predisposição fisiológica e genética, componentes psicológicas e comportamentais) e a fatores socioambientais que promovem o excesso de peso (Camolas et al., 2017).

Os riscos associados à obesidade são múltiplos, nomeadamente o aparecimento de diferentes patologias como a diabetes, a doença cardíaca coronária, hipertensão arterial e a generalidade dos cancros, havendo sempre o risco de morte prematura associada. Estas doenças representam a principal despesa em saúde do estado português e o principal encargo do Serviço Nacional de Saúde (SNS). A estes problemas somam-se ainda dificuldades de natureza social, psicológica e económica que comprometem decisivamente a qualidade de vida dos pacientes (Camolas et al., 2017).

Em 1997, a Organização Mundial de Saúde (OMS), no documento intitulado *Obesity: Preventing and Managing the Global Epidemic*, classificou a obesidade como a epidemia do século XXI, reconhecendo o impacto da condição clínica nos indivíduos e populações e a sua repercussão nos sistemas de saúde (OMS, 2000). Apesar dos esforços que têm

sido feitos para travar esta epidemia, a obesidade continua a representar um dos maiores desafios de saúde pública. Ao nível global, nas últimas décadas, a proporção de adultos com obesidade tem vindo a aumentar. Portugal acompanha esta tendência registando, atualmente, 67,6% da sua população adulta com excesso de peso ou obesidade, sendo que a prevalência da obesidade é de 28,7% (Borges et al., 2021).

A OMS definiu uma categorização da obesidade com base no Índice de Massa Corporal (IMC), que corresponde à razão entre peso (em quilogramas) e o quadrado da estatura (em metros) (OMS, 2000). De acordo com a OMS, o excesso de peso corresponde à apresentação de um IMC cujo valor é igual ou superior a 25 kg/m², enquanto a obesidade corresponde a um IMC igual ou superior a 30 kg/m², podendo esta última classificação ser segmentada em três categorias distintas, como se pode observar na Tabela 1. (Weir and Jan, 2022).

Tabela 1. Classificação de acordo com o Índice de Massa Corporal (Weir and Jan, 2022)

Categoria	IMC (kg/m²)
Peso normal	18,5 – 24,9
Excesso de peso	25 – 29,9
Obesidade	≥ 30
- Classe I	30 – 34,9
- Classe II	35 – 39,9
- Classe III	≥ 40

IMC - Índice de Massa Corporal; kg - Quilograma; m - Metro.

As opções de tratamento para a obesidade podem incluir tratamento não cirúrgico e tratamento cirúrgico. O tratamento não cirúrgico geralmente apresenta uma abordagem multicomponente, envolvendo alterações na dieta de modo a reduzir a ingestão de calorias, aumento da atividade física, modificações comportamentais e farmacoterapia, tendo sempre presente uma rede de apoio psicológico (NICE, 2014). A utilização de uma abordagem multidisciplinar e a inclusão do paciente como agente ativo no processo promovem a obtenção de melhores resultados clínicos (Goretti et al., 2020).

Atualmente, a cirurgia bariátrica é a forma de tratamento mais eficaz para a obesidade mórbida (IMC Classe III), promovendo uma perda de peso significativa e sustentada e uma melhoria nas comorbilidades associadas (Mulla et al., 2018). No entanto, antes da

realização da cirurgia, todos os pacientes deverão demonstrar já terem tentado a perda de peso através de tratamentos não cirúrgicos durante um período de pelo menos 12 meses.

À luz do estado económico atual, a obtenção de estimativas de custos da obesidade e do seu impacto para os sistemas de saúde é particularmente relevante e necessária para identificar políticas preventivas e interventivas a implementar. É possível encontrar análises de custo para a maioria das doenças. No entanto, dada a complexidade da patologia em estudo e das comorbilidades que se encontram associadas, a realização desta análise torna-se mais desafiante (Withrow and Alter, 2011). O impacto desta patologia na esfera individual, social e económica é tão significativo que representa um potencial risco à sustentabilidade do SNS (Camolas et al., 2017). Numa pesquisa elaborada pelo Centro de Estudos de Medicina Baseada na Evidência da Faculdade de Medicina da Universidade de Lisboa e pela consultora Evigrade-IQVIA, estimou-se o custo direto do excesso de peso e obesidade em cerca de 1,2 mil milhões de euros, o que representa aproximadamente 0,6% do PIB e 6% das despesas de saúde em Portugal (Borges et al., 2021).

2.2. *Clinical Pathway*

O *Clinical Pathway* (CP) é um trajeto pré-definido pelo hospital, elaborado com o objetivo de padronizar o tratamento dos pacientes, minimizando ineficiências (como atrasos ou má utilização de recursos), sem comprometer os resultados clínicos e a qualidade do tratamento. Atualmente, existem CPs implementados em todos os campos da medicina e desenvolvidos para praticamente todos os procedimentos cirúrgicos (Frutos et al., 2007).

O CP traduz-se, assim, num plano estruturado, desenvolvido por uma equipa multidisciplinar, que detalha as etapas essenciais no tratamento e cuidado a um paciente com uma patologia clínica específica, durante um período de tempo definido *à priori* (Campbell et al., 1998). O CP pode ser representado por um algoritmo, detalhando procedimentos de terapia padronizados e normalizados para a prestação de cuidados de saúde adequados a um contexto clínico específico, concebido por cada organização. Existem quatro componentes principais que podem ser encontradas num CP: linha temporal, categorias de cuidado e intervenções, critérios para resultados clínicos e registo de variações que possam ser verificadas nos resultados (Basse et al., 2000).

O CP promove a translação de diretrizes nacionais e internacionais para protocolos institucionais para que a sua aplicação na prática clínica seja facilitada. A partilha desta informação auxilia os profissionais de saúde na execução das suas funções, uma vez que a metodologia é adaptada às particularidades de cada doença. O protocolo também contém a sequência e a duração de cada ação incluída no tratamento, otimizando os resultados da terapêutica implementada e maximizando a eficiência da instituição (Rotter et al., 2010). Deste modo, também se verifica uma melhoria na comunicação com os pacientes, promovendo o acesso à informação contida no plano de cuidados a implementar de forma clara e sucinta (Campbell et al., 1998).

Alqahtani and Elahmedi (2015), Campillo-Soto et al. (2008), Quaglini et al. (2004), Rotter et al. (2010) e Rouse et al. (1998) evidenciaram efeitos positivos da utilização de CPs nas instituições de saúde. Entre estes, destaca-se a obtenção de melhores resultados clínicos, a redução dos tempos de permanência no hospital e dos custos associados à terapêutica utilizada. Adicionalmente, estes estudos quantificaram a melhoria que a implementação de um CP proporciona às instituições, profissionais de saúde e pacientes face às instituições que não adotaram esta metodologia, evidenciando a importância da sua aplicação. Foi também possível concluir que o desenvolvimento e implementação de um CP acarreta um esforço acrescido, sendo, no entanto, compensado quer com a redução da variabilidade nos padrões de cuidados prestados e nos custos hospitalares, quer com as restantes melhorias anteriormente referidas.

O tratamento endoscópico e a cirurgia bariátrica constituem procedimentos terapêuticos possíveis de serem traduzidos num CP, dado que consistem em tratamentos padronizados e em que a maioria dos pacientes apresenta uma evolução clínica previsível (Frutos et al., 2007).

2.2.1. Diretrizes Clínicas de Referência

Ao contrário do que se verifica num CP, as diretrizes clínicas não são específicas para uma organização. Estas representam um conjunto de declarações que se encontram em concordância e que são desenvolvidas tendo como finalidade auxiliar os profissionais de saúde na tomada de decisões durante a prática clínica (Every et al., 2000).

Aquando da análise da literatura e das diretrizes clínicas de organizações de referência, foram selecionadas cinco organizações, nomeadamente, *American Society for*

Metabolic and Bariatric Surgery (ASMBS), American Association of Clinical Endocrinologists, European Association for the Study of Obesity (EASO), Penn Medicine-Princeton Health e Obesity Canada. Estas são as organizações de referência que apresentam recomendações mais completas para as diferentes terapêuticas a implementar nos casos de obesidade. Estas promovem o acesso dos pacientes a informação e tratamento de alta qualidade, realizando também um trabalho ativo na redução do preconceito e do estigma associado à obesidade por meio da educação e sensibilização.

Semlitsch et al. (2019) elaboraram uma revisão sistemática de diretrizes internacionais sobre a gestão e a atuação primária nos casos de excesso de peso e obesidade, com o objetivo de fornecer uma base comum na implementação de um CP. Trata-se da primeira revisão realizada sobre esta patologia, que incluiu uma avaliação sobre as recomendações gerais e os meios de diagnóstico e de avaliação para as várias opções de tratamento disponíveis. Das 19 diretrizes identificadas, foi possível distinguir 711 recomendações, salientando a ausência de discrepâncias relevantes entre elas. Desta forma, o estudo concluiu que existe um acordo internacional e um modo de atuação coerente na definição de uma abordagem multidisciplinar e na implementação de um CP para os casos de obesidade e excesso de peso.

2.2.2. Implementação do *Clinical Pathway*

Anteriormente, foram mencionados diversos benefícios associados à implementação de CPs nas organizações de saúde, sendo vários os autores que os comprovam. Teoricamente, os CPs podem ser implementados em qualquer área da saúde, sendo o principal objetivo alinhar a prática clínica às diretrizes existentes. No entanto, a elaboração de um CP por parte de uma organização de saúde é uma tarefa complexa, verificando-se algumas dificuldades na sua implementação (van de Klundert et al., 2010).

O processo de desenvolvimento dos percursos clínicos requer uma equipa multidisciplinar específica, composta por especialistas clínicos e gestores, com o objetivo comum de desenvolver um percurso para cada patologia, tendo em conta a estrutura organizacional interna. Aquando da elaboração de um CP, este é inevitavelmente influenciado pela subjetividade da equipa responsável e pela dificuldade em traduzir os protocolos teóricos em práticas clínicas (Yang and Su, 2014). O processo de aceitação e

de implementação de um CP numa organização é demorado, sendo muitas vezes necessário proceder a correções para que este se ajuste à realidade.

Na prática, tem-se observado a existência de uma lacuna entre as vias de tratamento implementadas e as recomendações clínicas presentes num CP, onde a prática clínica muitas vezes se desvia dos caminhos teóricos estabelecidos. No entanto, segundo Every et al. (2000), nem toda a variação presente na prestação de cuidados de um paciente é negativa, sendo que cada paciente é diferente, necessitando assim de um tratamento personalizado e diferenciado para a sua condição clínica. Normalmente, os CPs não contemplam situações imprevisíveis, como a existência de determinadas alergias ou a coexistência de patologias, estando presentes apenas as condições padrão. Este facto dificulta ainda mais o processo de elaboração de um CP.

2.3. Process Mining

A melhoria contínua de processos constitui um fator crítico de sucesso e um tópico de preocupação constante para as instituições de saúde. O objetivo deste processo consiste em aumentar o desempenho organizacional, alterando os processos ou os sistemas de informação utilizados (Rebuge and Ferreira, 2012). As organizações de saúde estão conscientes da necessidade de melhorar os seus processos, dado o ajuste contínuo dos procedimentos clínicos com base nas evidências científicas emergentes, de modo a garantir uma prestação de cuidados de alta qualidade (Munoz-Gama et al., 2022). Atualmente, promove-se a implementação de CPs integrados de modo a atender a este objetivo, o que exige a alteração e adaptação dos processos de saúde. Estes processos são executados num ambiente de elevada complexidade, possuindo, por isso, características específicas relativas ao seu grau de dinamismo e multidisciplinaridade. Deste modo, os sistemas de informação implementados devem ser projetados tendo em conta estas especificidades, a existência de recursos limitados e de restrições orçamentais, mas tendo sempre como objetivo a otimização dos processos clínicos (Rebuge and Ferreira, 2012).

Para identificar oportunidades de melhoria dos processos é necessário proceder à análise completa dos mesmos, o que requer a utilização de dados de execução, presentes nos sistemas de informação das organizações de saúde (Martin et al., 2020). As bases de dados das instituições clínicas apresentam uma quantidade crescente de dados reais, o que

constituiu uma fonte de informação para o alcance dos objetivos acima descritos (Najjar et al., 2018).

Process Mining consiste, assim, no desenvolvimento de técnicas capazes de extrair informações e relações a partir dos dados de execução, de modo a fornecer elementos que promovam a melhoria dos processos na área da saúde. O *Process Mining* apresenta uma abordagem que permite descobrir o processo e a sequência real de atividades. A aplicação destas técnicas apresenta vantagens importantes, dado que possibilita a descoberta de sequências de ações necessárias para alcançar o cumprimento de uma diretriz clínica específica, permitindo também obter fluxos de processos para casos onde não existem diretrizes disponíveis. Recorrendo a esta técnica é também possível obter informações sobre a utilização dos recursos em cada processo e avaliar a eficácia e o desempenho dos mesmos (Martin et al., 2020).

2.3.1. Event Log

O ponto de partida para a aplicação de técnicas de *Process Mining* é o *Event Log* (EL). A informação contida no mesmo reflete, de forma imparcial, o processo real implementado em cada instituição, registando o fluxo de informação gerado, as interações entre profissionais e os recursos necessários para executar determinado processo, o que se considera uma mais-valia para a melhoria dos processos de saúde (Munoz-Gama et al., 2022).

As técnicas de *Process Mining* efetuam o registo sequencial de eventos de modo que cada EL seja composto por casos que representam diferentes instâncias do processo, ordenados cronologicamente. Cada caso contém uma sequência específica de eventos, em que cada evento se encontra associado à execução de uma determinada atividade do processo (Munoz-Gama et al., 2022). Sempre que possível, os ELs armazenam informações adicionais sobre os eventos, como os recursos associados (pessoa ou dispositivo que executou a atividade), a data/hora de realização e o custo da atividade (van der Aalst et al., 2012).

A Tabela 2. apresenta um extrato de um EL. Cada linha da tabela representa um evento, ou seja, a ocorrência de uma atividade de um determinado processo médico. Neste exemplo, temos presente o registo de seis eventos. Cada evento é caracterizado pelo identificador do caso (*Case ID*), que corresponde ao identificador único de cada paciente,

pelo nome da atividade efetuada (*Activity*), pelo registo do instante da sua realização (*Timestamp*) e pelo profissional de saúde que a executou (*Staff ID*). Estes eventos encontram-se ordenados cronologicamente, resultando assim no registo sequencial de eventos, o que constitui uma característica basilar de um EL.

Tabela 2. Exemplo de *Event Log* (Elaborado com base em van der Aalst et al., 2012)

	<i>Case ID</i>	<i>Activity</i>	<i>Timestamp</i>	<i>Staff ID</i>
e_1	1	$a_1 =$ Consulta de Nutrição	2022-05-30 11:39:23	12302
e_2	2	$a_2 =$ Consulta de Cirurgia Geral	2022-05-30 14:50:30	65530
e_3	1	$a_3 =$ Rx Tórax	2022-05-31 8:30:20	10236
e_4	2	$a_1 =$ Consulta de Nutrição	2022-06-8 10:15:11	95063
e_5	3	$a_4 =$ Consulta de Anestesiologia	2022-06-10 17:20:49	55630
e_6	2	$a_5 =$ Análises	2022-06-13 18:35:36	7408

O trajeto efetuado por um paciente caracteriza-se por uma sequência não vazia de eventos, representados pelos nomes das atividades realizadas (Kalenkova et al., 2018). A Tabela 2. tem presente o seguinte EL: $EL = \{[a_1, a_3]^1; [a_2, a_1, a_5]^1; [a_4]^1\}$. Neste EL, é possível identificar a existência de três trajetos, sendo que cada trajeto é percorrido por apenas um paciente. O expoente associado a cada trajeto identifica o número de pacientes que o percorreram. Assim, o trajeto percorrido pelo paciente 1: $[a_1, a_3]$, tem associado a ocorrência de dois eventos e cada evento consiste, neste caso, na realização de uma atividade distinta. Adicionalmente, a atividade “Consulta de Nutrição” (a_1) é realizada tanto pelo paciente 1 como pelo paciente 2.

A presença de informações relativas aos profissionais que executaram cada atividade permite avaliar as interações existentes durante o trajeto clínico do paciente. Esta análise promove uma maior eficácia na gestão de recursos humanos ao fornecer informações concretas sobre a influência de cada recurso na rede e a sua contribuição para a estabilidade da mesma.

2.3.2. Técnicas de *Process Mining*

Segundo van der Aalst (2016), tendo o EL extraído dos sistemas de informação de saúde como *input* do processo, podem ser aplicadas várias técnicas de *Process Mining* de modo a gerar informações sobre o processo. As três técnicas de *Process Mining*

possíveis de aplicar são: Descoberta, Análise de Conformidade e Aprimoramento. A Figura 1. apresenta o ciclo de aplicação de técnicas de *Process Mining* em instituições clínicas. O objetivo da aplicação destas técnicas consiste em descobrir processos, verificar a conformidade existente e obter sugestões de melhoria com o objetivo de aumentar a eficiência das organizações de saúde.

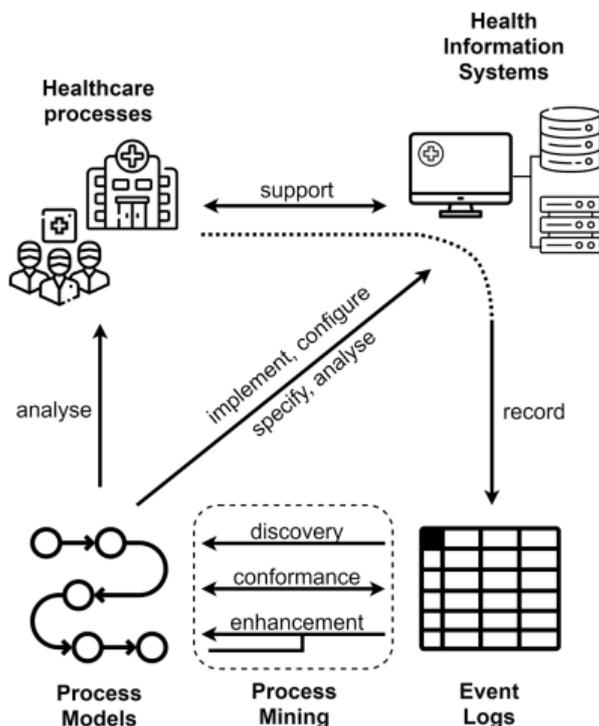


Figura 1. Aplicação de técnicas *Process Mining* na área da saúde

Fonte: Munoz-Gama et al. (2022)

Técnica de Descoberta

A descoberta define-se como o desenvolvimento de um modelo de processo com base num EL, refletindo o comportamento presente nesse processo, e não tendo nenhum modelo *à priori*. Pretende-se que o modelo criado reflita o fluxo de controlo que se gera, i.e., seja capaz de identificar a ordem de realização das atividades do processo. No contexto clínico, a descoberta do fluxo de controlo permite evidenciar a ordem real das atividades de prática clínica, incluindo o momento em que são realizadas e a duração da assistência ao paciente. Com a utilização conjunta de outros algoritmos é possível obter informações sobre a utilização dos recursos ao longo do processo, padrões de priorização de tarefas e fluxos de decisão em contextos de grande volatilidade (como os serviços de emergência) (Martin et al., 2020; Munoz-Gama et al., 2022). O desenvolvimento do

modelo de fluxo de controlo associado aos processos clínicos e, conseqüentemente, a definição da ordem sequencial das atividades realizadas no tratamento de determinada patologia, permite construir o respetivo CP (Kempa-Liehr et al., 2020).

O modelo concebido pode ser representado por linguagens de modelação de processos específicas, entre elas: *Business Process Modeling Notation* (BPMN), Redes de Petri (RP) e *Unified Modeling Language* (UML) (van der Aalst, 2011).

Atualmente, a linguagem de modelação de processos mais utilizada é BPMN, desenvolvida pelo *Object Management Group* (OMG). A linguagem BPMN permite representar o processo através de um diagrama, tendo como objetivo a criação de uma linguagem visual padrão e de fácil reconhecimento e interpretação. Para constituir os diagramas, são utilizados elementos gráficos, como formas e ícones, estando à disposição mais de 50 símbolos distintos (OMG, 2013). A BPMN oferece uma notação gráfica que permite definir a ordem lógica e temporal das atividades do processo, assim como os recursos necessários para a sua execução. Os diagramas resultantes podem ser adaptados para diferentes fases do processo e tendo em conta as necessidades de diferentes utilizadores (Combi et al., 2017).

Yan et al. (2017) admitiram a possibilidade dos CPs serem representados por um fluxograma, contendo todas as decisões e sequências de intervenções clínicas a efetuar, incluindo processos de natureza multidisciplinar. Muller et al. (2011) e Scheuerlein et al. (2012) propuseram o uso da BPMN para representar a complexidade dos CPs tendo em conta que esta inclui uma notação padrão e de fácil compreensão por utilizadores não técnicos, o que representa uma grande vantagem na modelação de processos de saúde. Assim, a utilização da linguagem BPMN auxilia no esforço de padronizar os procedimentos clínicos, promovendo o cumprimento de protocolos e minimizando a variabilidade inerente à prática clínica. Os elementos gráficos utilizados para modelar CPs encontram-se representados no Anexo 1.

Um exemplo de um CP modelado em BPMN encontra-se ilustrado na Figura 2., utilizando um CP simplificado para a obesidade. O início do trajeto do paciente é identificado pelo círculo que se encontra do lado esquerdo. Após o paciente efetuar quatro atividades (representadas pelos retângulos A a D) surge um *Gateway* Exclusivo, que é utilizado para criar caminhos alternativos dentro do fluxo de processo. Neste exemplo, se o paciente não cumprir os requisitos existentes para o tratamento cirúrgico, ele efetua imediatamente a atividade identificada por “L”. Se cumprir os requisitos a atividade a efetuar é a “E”. Após a realização desta atividade surge um novo *Gateway* Exclusivo, indicando dois novos caminhos que o paciente pode percorrer: efetuar ou não a Cirurgia Bariátrica como forma de tratamento para a patologia identificada. O trajeto do paciente termina no círculo delimitado a negrito, que se encontra do lado direito da figura.

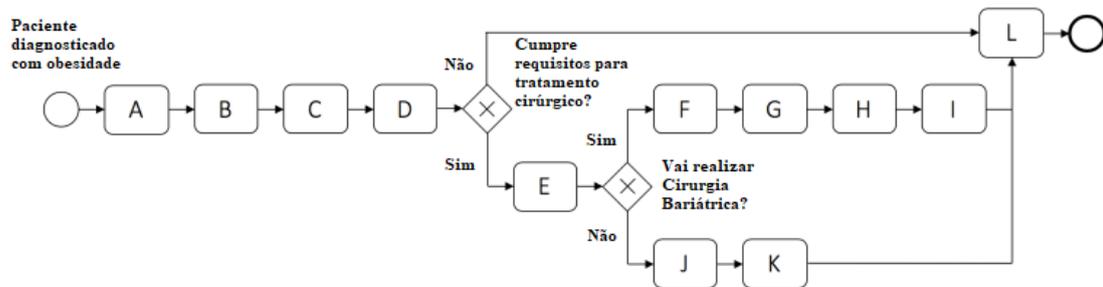


Figura 2. Modelo BPMN para um CP simplificado para obesidade

Análise de Conformidade

Enquanto o processo de descoberta cria um novo modelo a partir de um EL, o processo de verificação de conformidade compara um modelo concebido *a priori* com o EL que reflete o processo real (Martin et al., 2020). Ao realizar a análise de conformidade é possível avaliar a qualidade do modelo previamente desenvolvido, verificando se o processo está a ser executado de acordo com o descrito no mesmo. (Dunzer et al., 2019).

A implementação de uma análise de conformidade requer a definição de métricas para expressar o nível de conformidade identificado. Vários autores sugerem quatro métricas: *fitness*, simplicidade, precisão e generalização (Dunzer et al., 2019; van der Aalst, 2011).

- ***Fitness***: Esta métrica expressa a proporção de atividades presentes no EL que o modelo é capaz de reproduzir, tomando valores entre 0 e 1. O valor de 1 indica a *fitness* perfeita e o modelo reproduz sem falhas todas as atividades presentes no EL. O valor 0

indica que o modelo não é capaz de reproduzir nenhum dos eventos observados na realidade.

- **Simplicidade:** A métrica simplicidade penaliza os modelos desnecessariamente complexos, i.e., o modelo mais simples, que explique os comportamentos presentes no EL, é considerado o melhor modelo. Por norma, os modelos mais simples são de compreensão mais fácil e menos propensos a conter erros. Este indicador é utilizado quando o objetivo é encontrar o melhor modelo, entre vários já desenvolvidos, para o mesmo processo.

- **Precisão:** A precisão indica a fiabilidade do modelo, i.e., quão bem representa o comportamento presente no EL. Os modelos que permitam um comportamento muito diferente do comportamento observado no EL são penalizados. A precisão está relacionada com a noção de *underfitting*, ou seja, um modelo pouco preciso é *underfitting* na medida em que permite a inclusão de comportamentos muito diferentes dos registados no EL. Assim, o modelo não deve permitir um comportamento que seja improvável tendo em conta o comportamento observado na realidade.

- **Generalização:** O modelo deve generalizar e não se restringir apenas ao comportamento das atividades do EL. A generalização está relacionada com a noção de *overfitting*, ou seja, um modelo com baixo grau de generalização é *overfitting* na medida em que não generaliza o suficiente, sendo muito específico e apenas orientado para os exemplos presentes em determinado EL. Esta métrica avalia a capacidade dos modelos reproduzirem comportamentos futuros, ultrapassando o comportamento observado no *EL*.

Tendo em conta as métricas analisadas, existe um *trade-off* claro entre um modelo *underfitting* e um modelo *overfitting*, sendo importante encontrar um equilíbrio entre a utilização das métricas generalização e precisão para a obtenção de bons modelos. Na prática, a *fitness* é a métrica mais utilizada para avaliar o nível de ajustamento do modelo ao comportamento observado (Dunzer et al., 2019).

Atualmente, é impossível, para os profissionais de saúde, rastrear manualmente todas as atividades realizadas durante o processo de tratamento de um paciente e garantir que estas se encontram em conformidade com os protocolos estabelecidos. Ao efetuar a análise de conformidade é possível verificar a conformidade do processo clínico real com

as vias de tratamento teóricas e as diretrizes existentes, identificando desvios injustificados, o que permite melhorar os resultados terapêuticos e diminuir ineficiências ao longo do processo. O rigor do CP desenvolvido é assumido se a maioria do percurso clínico do paciente estiver em conformidade com o modelo teórico desenvolvido. No entanto, o tratamento e o percurso terapêutico são específicos para cada paciente, não sendo expectável que o CP apresente o mesmo nível de *fitness* para todos os pacientes. Deste modo, o objetivo é definir um CP que represente a estrutura fundamental da maioria dos trajetos clínicos reais e que permita detetar desvios significativos do modelo estabelecido (Kempa-Liehr et al., 2020).

Técnica de Aprimoramento

Esta técnica refere-se à extensão ou melhoria de um modelo de processo já existente, usando informações sobre o processo real registadas num EL. Deste modo, tanto o modelo como o EL são considerados *inputs* indispensáveis para a aplicação desta técnica (van der Aalst, 2011). O primeiro tipo de aprimoramento é o reparo, que consiste na modificação do modelo de modo a que este reflita melhor a realidade, adaptando assim o modelo ao comportamento observado. O segundo tipo de aprimoramento é a extensão, onde são adicionadas informações ao modelo (como os tempos de realização das atividades) de modo a enriquecê-lo (Munoz-Gama et al., 2022). No contexto clínico, o modelo aprimorado fornece uma base mais robusta para apoiar estudos de previsão, como os tempos de internamento ou de recuperação de um paciente (Martin et al., 2020).

3. Caso de Estudo

Os dados utilizados neste trabalho foram obtidos durante o estágio realizado no Hospital da Luz – *Learning Health*, através de um protocolo estabelecido entre esta entidade e o Instituto Superior de Economia e Gestão (ISEG).

A rede Luz Saúde é uma das maiores e mais completas redes de cuidados de saúde privados em Portugal, destacando-se pela qualidade e inovação dos serviços prestados. O Hospital da Luz - *Learning Health* dedica-se à formação avançada de profissionais de saúde, à investigação nas áreas da prestação e gestão de cuidados de saúde. Com a constituição do Hospital da Luz - *Learning Health*, foi reforçado o compromisso pela prática de uma medicina de excelência, por apostar na inovação com valor acrescido para os pacientes, garantindo um tratamento médico de elevada especialização e qualidade (Hospital da Luz, 2022).

A Secção 3.1. contém uma apresentação do CP atualmente implementado no Hospital da Luz, contendo as diferentes abordagens terapêuticas disponíveis. A Secção 3.2. apresenta uma análise das diretrizes clínicas de entidades de referência, identificando algumas diferenças com o CP em análise.

3.1. Clinical Pathway - Hospital da Luz

Ao analisar o CP atualmente implementado no Hospital da Luz para os casos de obesidade foi possível elaborar o CP para a obesidade utilizado no TFM (Anexo 2). Este CP descreve o protocolo de atuação na abordagem diagnóstica e terapêutica da obesidade, que abrange apenas os pacientes com um IMC igual ou superior a 30 kg/m² (Classe de obesidade I, II ou III), ao serem encaminhados para o Centro de Tratamento de Obesidade e Doenças Metabólicas (CTODM).

A primeira fase estabelecida no CP corresponde à avaliação inicial e decisão terapêutica (Anexo 2A). De acordo com os critérios estabelecidos pelo CTODM, o tratamento mais adequado será indicado ao paciente, ficando a aprovação final dependente de uma reunião multidisciplinar.

Existem três opções de tratamento: tratamento farmacológico (Anexo 2B), tratamento endoscópico (Anexo 2C) e tratamento cirúrgico (Anexo 2D). A indicação para o

tratamento farmacológico ocorre quando o paciente apresenta um IMC superior a 30 kg/m² ou superior a 27 kg/m² com comorbilidades associadas, sendo recomendado também em casos de insucesso de perda de peso com medidas terapêuticas não farmacológicas. O tratamento endoscópico é recomendado para pacientes com IMC entre 30 kg/m² e 40 kg/m², se a técnica endoscópica utilizada for a Gastroplastia Restritiva Endoscópica (“*Sleeve* Endoscópico”), ou IMC superior a 40 kg/m², se o tratamento consistir na inserção de um Balão Intra-Gástrico. Por último, o tratamento cirúrgico ocorre quando o paciente apresenta um IMC superior a 40 kg/m² ou superior a 35 kg/m² com comorbilidades associadas, estando disponíveis diferentes procedimentos cirúrgicos.

Analisando o CP presente no Anexo 2, após a fase inicial de avaliação e decisão terapêutica, este encontra-se ramificado em três caminhos possíveis, tendo em conta as três opções terapêuticas disponíveis para os pacientes com a patologia em estudo.

3.2. Análise do *Clinical Pathway* - Hospital da Luz

O CP disponibilizado pelo Hospital da Luz, tratando-se de um documento interno, encontra-se muito detalhado e foi desenvolvido tendo em conta os recursos disponíveis na instituição à data da sua elaboração. As linhas gerais do percurso incluído no CP do Hospital da Luz seguem o padrão identificado nas diretrizes das entidades de referência, sendo apenas quatro as diferenças identificadas face à literatura analisada.

A primeira diferença prende-se com a especificidade verificada no CP utilizado no Hospital da Luz relativamente às diretrizes disponíveis, apresentando uma carga clínica maior e mais detalhada ao longo das várias etapas do CP. Ao apresentar um percurso tão detalhado é esperado que este seja implementado na íntegra. No entanto, tal pode não acontecer, verificando-se que quanto maior o nível de minuciosidade presente no documento, maior o risco de que a atuação clínica real se afaste da atuação clínica esperada, descrita no CP.

A segunda diferença encontrada refere-se ao período sugerido entre a intervenção cirúrgica e a primeira consulta de *follow-up*. O Hospital da Luz recomenda que a consulta seja efetuada um mês após intervenção, enquanto as diretrizes da ASMBS e do *Penn Medicine-Princeton Health* sugerem que a primeira consulta de acompanhamento e avaliação seja realizada entre duas a três semanas, tanto após intervenção endoscópica como após a cirurgia bariátrica.

A terceira diferença encontra-se nos fármacos utilizados na terapêutica farmacológica. São vários os fármacos recomendados pela EASO e pela *Obesity Canada*, sendo estas as duas entidades de referência com mais recomendações para a farmacoterapia. Face às orientações de referência, o Hospital da Luz optou pela utilização de três fármacos: Metformina, Orlistat e Liraglutido, sendo o primeiro, em muitos casos, substituído pela utilização de Bupropiom/Naltrexona na literatura. A escolha do Hospital da Luz pela utilização da Metformina prende-se quer com a recente aprovação do fármaco Bupropiom/Naltrexona pelo INFARMED, quer com o facto de este fármaco apresentar um preço de venda ao público muito elevado, sendo poucos os pacientes que o podem suportar a longo prazo.

Por último, durante a análise da literatura foi possível verificar a enorme ênfase colocada na abordagem multidisciplinar ao longo de todo o percurso clínico do paciente. Estão também presentes, em todas as diretrizes, várias recomendações que reconhecem a sua importância, defendendo que a implementação de uma abordagem multidisciplinar e integrada é, atualmente, imprescindível para o tratamento desta patologia. A adoção desta abordagem por parte do Hospital da Luz requer algumas melhorias, uma vez que a prática multidisciplinar se encontra apenas presente na fase de avaliação e decisão terapêutica.

4. Metodologia

Este capítulo detalha a metodologia utilizada para a realização da análise de conformidade entre os dados clínicos e o CP fornecidos pelo Hospital da Luz. A Secção 4.1. descreve as etapas de preparação do conjunto de dados para obtenção do EL (*input* do modelo proposto), assim como algumas características dos dados após processamento. A Secção 4.2. apresenta as etapas realizadas durante a modelação processual do CP. A Secção 4.3. apresenta o *software* utilizado para realização da análise de conformidade (ProM (Lite 1.3)) e o algoritmo e processo aplicados para obtenção do nível de conformidade existente.

4.1. Processamento de Dados

O Hospital da Luz de Lisboa disponibilizou quatro ficheiros *Excel* com os dados anonimizados de 69 pacientes que efetuaram cirurgia bariátrica no hospital, como forma de tratamento para a obesidade, em 2021. O primeiro ficheiro consiste numa base de dados geral, que contém o resumo das atividades clínicas efetuadas por cada paciente, encontrando-se incluídos registos de consultas, cirurgias, internamentos e consumos (materiais e fármacos utilizados). Os restantes ficheiros correspondem a bases de dados de áreas clínicas específicas, sendo elas, Anestesiologia, Imagiologia e Patologia Clínica. Estas informações não se encontram presentes no ficheiro base e são essenciais para a constituição do EL.

Em todos os ficheiros foi possível obter o número de identificação de cada paciente (*Case ID*), a atividade associada (*Activity*), a especialidade correspondente a cada atividade, a data da sua ocorrência (*Timestamp*) e a identificação do profissional que executou o procedimento (*Staff ID*). Entre parêntesis temos presentes os elementos caracterizadores de um EL, apresentados na Tabela 2. Nos ficheiros disponibilizados também é possível encontrar outros dados de caracterização dos pacientes, assim como custos associados a cada evento. No entanto, estes dados não constituem elementos integrantes do EL, pelo que não são utilizados na análise de conformidade.

4.1.1. Etapas do Processamento

O sistema de informação do Hospital da Luz foi construído para responder a requisitos organizacionais, auxiliando a organização em questões de natureza financeira. Assim, os

dados provenientes deste sistema não apoiam exclusivamente processos de otimização de gestão hospitalar, tornando-se necessário efetuar um pré-processamento da informação.

Durante o processo de preparação do EL foi assumido o seguinte pressuposto: o paciente realiza todo o seu percurso clínico no Hospital da Luz de Lisboa. A modelação do processo e a constituição do EL estão limitadas à informação disponível nas bases dados. Deste modo, alguns pacientes poderão ter realizado atividades presentes no CP noutras unidades clínicas fora do grupo Luz Saúde, mas tal não se encontrará refletido na análise.

Numa primeira fase deste processo, remove-se a informação que não é necessária para a construção do EL. Após uma análise cuidada juntamente com os profissionais do Hospital da Luz, efetuou-se uma seleção dos dados que deveriam integrar o EL.

Na segunda fase de pré-processamento dos dados procede-se à estandardização da nomenclatura das atividades. A presença de uma elevada pormenorização ou de denominações diferentes para a mesma atividade dificulta a análise, surgindo a necessidade de uniformizar as diferentes categorias de atividades.

Originalmente, a base de dados referente à Anestesiologia possuía 68 linhas, 75 colunas e oito categorias de atividades distintas. Após o pré-processamento, mantiveram-se as 68 linhas, mas apenas quatro colunas que correspondem aos elementos basilares de um EL e apenas uma categoria de atividade, correspondendo a “Consulta de Anestesiologia”.

A base de dados da Imagiologia continha 566 linhas, 59 colunas e 54 exames médicos com diferentes nomenclaturas. Na primeira fase de pré-processamento, excluíram-se 43 exames médicos, dado que não se encontravam relacionados com a patologia em estudo, não havendo evidência para a sua inclusão na análise. Deste modo, obtiveram-se 259 linhas, quatro colunas e 11 atividades de imagiologia. Após uniformização da nomenclatura das atividades, resultaram, no final, seis categorias de exames médicos, nomeadamente: “Ecografia Abdominal”, “Ecografia Pélvica Endovaginal”, “Ressonância Magnética Abdominal”, “Rx Tórax”, “Tc Abdominal” e “Tc Tórax”.

A base de dados de Patologia Clínica inicial continha 4 814 linhas, 54 colunas e 131 categorias de análises clínicas. Para o estudo, não era relevante saber todos os parâmetros clínicos analisados, pelo que os dados foram agrupados pelo *Case ID* e por data de

ocorrência. Procedeu-se à homogeneização da nomenclatura e obtiveram-se 256 linhas, quatro colunas e considerou-se que todas as atividades corresponderiam à categoria “Análises”.

A base de dados Geral é a base de dados com mais informação, contendo 40 443 linhas, 59 colunas e 905 categorias de atividades. Numa primeira fase retiraram-se 883 atividades, uma vez que não representavam atividades relacionadas com o CP desenvolvido. Das 22 atividades que foram mantidas, nove correspondiam a diferentes procedimentos cirúrgicos de Cirurgia Geral, seis a diferentes categorias de consultas, duas a consultas em regime de Atendimento Médico Permanente (AMP) e cinco a pacotes de cirurgia. As atividades cirúrgicas e os pacotes de cirurgia referem-se a procedimentos cirúrgicos realizados isoladamente ou em simultâneo, em contexto de Cirurgia Bariátrica. Deste modo, agruparam-se os procedimentos por *Case ID* e por data de ocorrência, atribuindo-se o nome “Cirurgia Bariátrica” à atividade resultante do agrupamento. Das seis categorias de consultas, cinco correspondiam a consultas de Cirurgia Geral com diferentes nomenclaturas e uma a consulta de Anestesiologia. Após homogeneização dos nomes existentes, restaram dois tipos de consulta: “Consulta de Cirurgia Geral” e “Consulta de Anestesiologia”. As duas consultas em regime de AMP foram agrupadas numa única atividade. No final, foi possível obter 292 linhas, quatro colunas e apenas quatro categorias de atividades, correspondendo a “Cirurgia Bariátrica”, “Consulta de Cirurgia Geral”, “Consulta de Anestesiologia” e “Consulta de Cirurgia Geral - Urgência”.

Após uma primeira inspeção dos dados processados percebeu-se que várias atividades, nomeadamente análises clínicas e atividades de imagiologia, ocorriam em contexto de internamento. Esta atividade não se encontrava contemplada no CP, pelo que surgiu a necessidade de criar a atividade “Internamento” e incluir os eventos que ocorriam nesse cenário. Estes eventos correspondiam a uma sequência de análises e exames clínicos ocorridos em dias consecutivos, antes e/ou após a cirurgia, sendo confirmados pela informação disponível nos dados das “Diárias e Recobros”. Deste modo, as 266 atividades ocorridas em contexto de internamento foram agrupadas em 65 atividades da nova categoria.

No final do processamento, foi criado um ficheiro *Excel* que agregou os quatro ficheiros já processados, contendo 671 linhas, quatro colunas e 12 atividades.

4.1.2. Dados Processados

Após o processamento dos dados foi possível obter o EL final para os 69 pacientes que efetuaram cirurgia bariátrica. Uma vez que cada linha do ficheiro em *Excel* traduz a ocorrência de um evento, estão presentes 670 eventos distribuídos por 12 categorias de atividades, como refletido na Tabela 3. A “Consulta de Cirurgia Geral” constitui a atividade com um maior número de eventos associados (214 eventos), enquanto a atividade “Rm Abdominal” regista o menor número de eventos (dois eventos).

Tabela 3. Distribuição de Eventos por Atividade

Atividade	Número de eventos	Proporção de eventos
Análises	108	16,2%
Cirurgia Bariátrica	70	10,5%
Consulta de Anestesiologia	67	10%
Consulta de Cirurgia Geral	214	31,9%
Consulta de Cirurgia Geral - Urgência	5	0,7%
Ecografia Abdominal	33	4,9%
Ecografia Pélvica Endovaginal	5	0,7%
Internamento	65	9,7%
Rm Abdominal	2	0,3%
Rx Tórax	54	8,1%
Tc Abdominal	29	4,3%
Tc Tórax	18	2,7%
Total	670	100%

Tendo em conta a abordagem terapêutica descrita no CP, cada paciente deveria realizar uma cirurgia bariátrica no decorrer do seu tratamento. Porém, é possível verificar a realização de 70 cirurgias, o que pressupõe a realização de duas cirurgias por parte de um paciente, provavelmente decorrente de complicações associadas à primeira intervenção cirúrgica.

Sabe-se ainda que existe a obrigatoriedade da realização de uma consulta de anestesiologia antes desta intervenção. No entanto, é possível identificar dois pacientes para os quais não há registo da sua realização. Estas consultas poderão ter sido realizadas noutra instituição do grupo e, por isso, não se encontram presentes no EL, ou poderá ter sido realizada uma avaliação anestesiológica pré-operatória que não fica registada no sistema como uma atividade distinta, encontrando-se associada à atividade “Cirurgia Bariátrica”.

4.2. Modelação Processual do *Clinical Pathway*

Inicialmente, procedeu-se à transposição do CP original (analisado no Capítulo 3.) para a linguagem BPMN, utilizando o *software* BIZAGI (versão 4.0)¹. O resultado é o CP apresentado no Anexo 3A. Neste é possível ver a modelação em BPMN de todas as atividades presentes no trajeto completo de um paciente, desde a fase de avaliação até ao final do seu processo terapêutico, tendo em conta as três opções terapêuticas consideradas.

Os dados disponibilizados pelo Hospital da Luz apenas incluem pacientes que efetuaram cirurgia bariátrica como forma de tratamento para a obesidade. Desse modo, só é possível fazer a análise de conformidade de uma das opções terapêuticas, pelo que foi necessário eliminar dois trajetos do modelo inicial. Alguns exames de diagnóstico foram retirados do CP por sugestão dos profissionais do Hospital da Luz, uma vez que se considerou serem exames secundários no trajeto do paciente. Deste modo, obteve-se um segundo CP, presente no Anexo 3B.

Na última fase da modelação, foi necessário ajustar o horizonte temporal que se encontrava refletido no CP. Na segunda versão do modelo, onde se encontra o percurso completo de um paciente que efetua cirurgia bariátrica, as atividades deste trajeto são realizadas ao longo de, pelo menos, quatro anos. Tendo em conta que os dados utilizados se referem apenas ao ano de 2021, foi necessário reduzir as atividades presentes no CP. A fase mais longa do processo terapêutico consiste na fase de acompanhamento após a intervenção cirúrgica (36 meses após cirurgia), pelo que se decidiu eliminar atividades dessa fase correspondentes ao período de 24 meses. No Anexo 3B, esta alteração corresponde à eliminação do ciclo formado no final do CP. Assim, foi possível modelar o CP final que é utilizado como *input* no *software* ProM para proceder à análise de conformidade e que se encontra presente no Anexo 3C.

4.3. *Software* ProM

O ProM (Lite 1.3)² é uma ferramenta desenvolvida pela *Eindhoven University of Technology* e caracteriza-se como um *software* extensível que suporta uma ampla variedade de técnicas e algoritmos de *Process Mining* (van Dongen et al., 2005). Segundo

¹ *Software* obtido através do site <https://www.bizagi.com/en>, acedido em 30 de abril de 2022

² *Software* obtido através do site <https://www.promtools.org/>, acedido em 2 de maio de 2022

Rojas et al. (2016), atualmente, o ProM constitui a ferramenta de referência nos estudos de *Process Mining*, em particular na área da saúde.

O objetivo do desenvolvimento do ProM consistiu no fornecimento de algoritmos para auxiliar a descoberta de modelos de processos. No entanto, ao longo do tempo, as funcionalidades desta ferramenta foram estendidas, integrando novos tipos de análise e comparação entre modelos. Isto foi possível graças à arquitetura modular do *software* que permite adicionar *plug-ins*. Com a utilização *plug-ins* é possível implementar um algoritmo de *Process Mining* que contém novas funcionalidades, mas sem modificar o código fonte (Verbeek et al., 2006).

O ProM foi escolhido para este estudo dado que possui uma interface intuitiva e suporta diferentes *plug-ins* de *Process Mining*, incluindo o verificador de conformidade que é utilizado no estudo.

4.3.1. Algoritmo Aplicado

Tendo um modelo de processo (CP) e um EL, a *fitness* de um trajeto é elevada se o modelo é capaz de reproduzir, com alguma eficácia, a sequência de eventos presentes no EL. No entanto, o EL pode não conter todas as atividades executadas no processo real, uma vez que o registo das atividades é um processo demorado e com custos associados. As atividades que não se encontram registadas no EL podem influenciar o comportamento do processo, sendo necessário identificá-las de modo a evitar resultados enviesados (Adriansyah et al., 2011).

Tendo um CP e um EL, os desvios relativamente ao CP são refletidos através de atividades *skipped* e atividades *inserted*. As atividades *skipped* correspondem a atividades que embora devessem ocorrer de acordo com o CP, não integram o EL. Por outro lado, as atividades *inserted* estão presentes no EL, mas não se encontram mapeadas no CP (Adriansyah et al., 2011).

Tradicionalmente, as técnicas existentes para medir a *fitness* penalizam a conformidade pela existência global de atividades *skipped* ou *inserted*, independentemente do número de vezes que estas se registam. Ao não considerar penalizações individuais para cada atividade com desvio, a *fitness* não corresponde, muitas vezes, à conformidade real. Deste modo, surge a técnica de *Cost-Based Replay*

que tem em consideração o custo de suprimir e inserir atividades individuais, com base no algoritmo A* (Adriansyah et al., 2011).

O algoritmo A* é uma heurística originalmente desenvolvida para determinar o caminho mais curto entre dois nodos, o nodo origem (o) e o nodo destino (d), num grafo orientado e com um valor associado a cada arco, que corresponde ao custo de omitir/inserir atividades. Este algoritmo inicia-se no nodo origem e explora iterativamente todos os nodos existentes, movimentando-se para o nodo mais promissor na iteração seguinte. Este nodo é definido após avaliar todos os custos entre o nodo atual u e nodos sucessores de u por explorar (v). O algoritmo recorre a uma função de avaliação (FA), para qualquer nodo v sucessor de u , que retorna o menor custo dos caminhos existentes a partir do nodo origem, como na Equação 1 (Adriansyah et al., 2011).

$$FA(v) = g(o, v) + h(v, d), \quad (\text{Equação 1})$$

onde $g(o, v)$ representa o custo do caminho entre o nodo origem (o) e o nodo sucessor v e $h(v, d)$ é uma heurística que estima o menor custo do caminho entre o nodo v e o nodo destino (d). O nodo sucessor mais promissor, que será escolhido para ser explorado na iteração seguinte, é o nodo v^* que minimiza $FA(v)$.

A técnica de *Cost-Based Replay* verifica a conformidade existente entre o EL e o CP, tendo em consideração as atividades que são omitidas e os eventos que são inseridos no EL. Segundo Adriansyah et al. (2011), as atividades *skipped* são identificadas com $A_s \subset A$, em que A representa o conjunto de todas as atividades do CP. Os eventos *inserted* são identificados como eventos inseridos e representados pelo conjunto $E_i \subset E_c$, em que E_c designa o número de eventos no trajeto percorrido pelo paciente c , $c \in C$, sendo C o conjunto de pacientes. Esta técnica possibilita a atribuição de diferentes ponderações para o custo de omitir atividades e de inserir eventos individuais, dependendo da gravidade atribuída a cada atividade do CP (a ser definida por profissionais clínicos). Deste modo, k^s e k^i representam as funções de custo de omitir e inserir atividades, respetivamente, e $\gamma(a)$ representa o número de vezes que a atividade a é omitida. Como resultado, o valor da *fitness*, $f(c)$, resulta da subtração entre o valor unitário e a razão entre o custo total de omitir ou inserir atividades associado ao trajeto do paciente c e o custo total de considerar todos os eventos deste paciente como eventos inseridos, ou seja,

$$f(c) = 1 - \frac{\sum_{a \in A_s} \gamma(a) \times k^s(a) + \sum_{e \in E_i} k^i(\alpha(e))}{\sum_{e \in E_c} k^i(\alpha(e))}, \quad (\text{Equação 2})$$

em que $\alpha: E \rightarrow A$ representa a função que dado um evento devolve a sua atividade.

O valor da *fitness* diminui à medida que aumenta o número de atividades *skipped* e *inserted* presentes no EL. Ao avaliar a análise de conformidade de um processo, a classificação de todas as atividades como *inserted* consiste no pior cenário possível. Este cenário é utilizado para normalizar a *fitness*. Ao analisar a Equação 2, é possível concluir que $f(c)$ pode tomar um valor negativo se muitas atividades forem *skipped* e os custos respetivos forem elevados. No entanto, assumiu-se que $f(c)$ apresenta valores compreendidos entre 0 e 1.

4.3.2. *Plug-ins* Utilizados

Para se proceder à análise de conformidade, tanto o EL como o CP modelado devem ser importados para o ProM. Recorrendo a *plug-ins* de conversão disponíveis no ProM, é realizada a conversão do ficheiro do EL em formato CSV para um objeto em formato XES, através do *plug-in Convert CSV to XES* (Mannhardt et al., 2016). O CP é convertido de BPMN para uma rede de Petri, que é a linguagem de modelação utilizada para realizar a análise de conformidade, utilizando o *plug-in Convert BPMN to PetriNet (control-flow)* (Fahland et al., 2015). Estes *plug-ins* encontram-se disponíveis no ProM e são automaticamente sugeridos pelo *software* quando detetados os formatos iniciais dos ficheiros importados.

Para se verificar a conformidade, utilizaram-se os dois objetos já convertidos como *input* e aplicou-se o *plug-in Replay a Log on Petri Net for Conformance Analysis* (Adriansyah et al., 2011). Com a utilização deste *plug-in* é possível penalizar o valor da *fitness* caso existam atividades *skipped* e *inserted*, tendo-se selecionado esta opção. Para proceder à análise de conformidade foram selecionados dois algoritmos “*Dijkstra Based Replayer*” e “*Splitting Replayer*”, de modo a explorar possíveis diferenças entre os resultados obtidos. Ambos os algoritmos permitem calcular a *fitness* entre um EL e um CP modelado por uma rede de Petri. Tendo como *input* um EL e uma rede de Petri, os algoritmos devolvem a correspondência entre o trajeto realizado e a sequência da rede com o menor custo de desvio, usando o algoritmo A*. O algoritmo “*Splitting Replayer*” garante resultados ótimos e o algoritmo “*Dijkstra Based Replayer*” permite atribuir um

custo individual de *skipping* (*move on model*) ou de *insert* (*move on log*) para cada movimento no modelo ou no EL (ProM, 2022). Aquando da aplicação do algoritmo “*Dijkstra Based Replayer*”, atribuiu-se um custo unitário de penalização para todas as atividades registadas como “*move on model*” e como “*move on log*”. Ou seja, não se efetuou uma distinção entre as penalizações individuais atribuídas às atividades *skipped* e *inserted*, de modo que os resultados obtidos pelos dois algoritmos fossem comparáveis.

Adicionalmente, para realizar uma análise das interações existentes entre os profissionais de saúde e o seu impacto na gestão de recursos humanos foram aplicados os *plug-ins* **Mine for a Handover-of-Work Social Network** (Song, 2004) e **Mine for a Working-Together Social Network** (Song, 2004), tendo como *input* o EL. Cada *plug-in* corresponde a uma métrica de avaliação. A métrica *Handover of work* (entrega de trabalho) determina a sequência de distribuição das atividades pelos diferentes profissionais. Em cada caso presente no EL é possível encontrar atividades subsequentes concluídas por profissionais de saúde diferentes. A métrica *Working together* (trabalho em conjunto) tem apenas em conta a frequência com que os profissionais trabalham em conjunto, isto é, realizam atividades no mesmo caso clínico (ProM, 2022).

Após a aplicação destes *plug-ins* foi possível obter os resultados da análise de conformidade que serão analisados no capítulo seguinte.

5. Resultados e Discussão

Este capítulo descreve os resultados da análise de conformidade efetuada, usando o modelo proposto no capítulo anterior. A Secção 5.1. apresenta uma breve análise estatística do conjunto de dados em estudo. A Secção 5.2. detalha os resultados gerais de conformidade obtidos, assim como uma avaliação dos mesmos. A Secção 5.3. inclui uma análise na ótica de gestão de recursos humanos, focando-se nas interações existentes entre os profissionais de saúde durante o trajeto clínico dos pacientes.

Aquando da utilização do *plug-in* **Replay a Log on Petri Net for Conformance Analysis** para obtenção dos valores de conformidade, os dois algoritmos aplicados (“*Dijkstra Based Replayer*” e “*Splitting Replayer*”) devolveram exatamente os mesmos resultados. Deste modo, a análise presente neste capítulo é comum aos dois algoritmos e os *outputs* apresentados foram obtidos recorrendo ao algoritmo “*Splitting Replayer*”.

5.1. Análise Estatística da Amostra

A análise de conformidade foi realizada para uma amostra de 69 pacientes que efetuaram cirurgia bariátrica, como forma de tratamento para a obesidade, em 2021. Tendo em conta os dados presentes na amostra, 66,7% dos pacientes são do sexo feminino e a idade média dos pacientes que realizaram esta cirurgia é de 50 anos. A duração média de cada trajeto é de 153 dias (5 meses), realizando-se a cirurgia bariátrica, em média, ao fim de 71 dias (2 meses) após o início do percurso terapêutico. A Tabela 4. sumariza as características dos pacientes.

Tabela 4. Caraterização Geral da Amostra

Número de pacientes	69
Número de pacientes femininos	46 (66.7%)
Número de pacientes masculinos	23 (33.3%)
Idade (mín./méd./máx.)	23/50/89 anos
Tempo médio entre o 1.º evento e o último	153 dias
Tempo médio entre a 1.ª consulta e a Cirurgia Bariátrica ³	71 dias

³ Em 15 pacientes verificou-se que a consulta só ocorria após intervenção cirúrgica, não se procedendo à inclusão desses casos na contagem.

Na Figura 3. é possível analisar a distribuição do número de eventos por paciente. A classe com mais observações é a (6, 10], onde se identificam 26 pacientes (38%) com um trajeto composto por 7 a 10 eventos. A observação na classe (26,30] aparenta ser um *outlier*, suposição reforçada pelo facto de a classe (22,26] não conter observações.

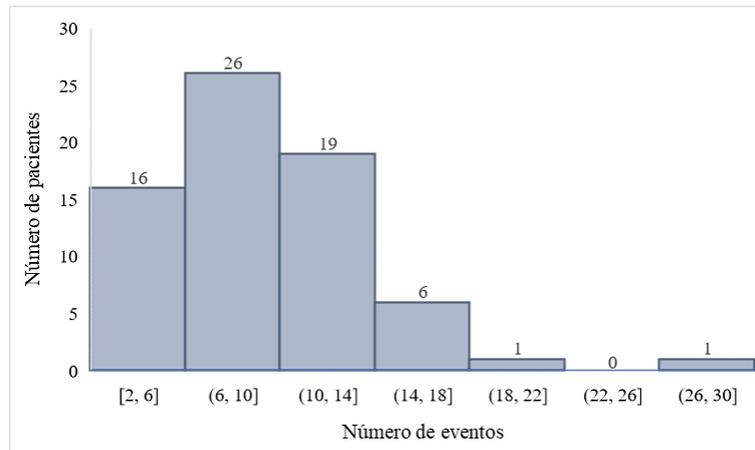


Figura 3. Distribuição do número de eventos da amostra

5.2. Análise de Conformidade

Ao avaliar a conformidade existente entre o CP e o EL, verifica-se a presença de quatro categorias de atividades: sincronizadas, *skipped*, *inserted* e não observáveis. As atividades sincronizadas dizem respeito às atividades presentes tanto no CP como no EL, enquanto as atividades não observáveis refletem apenas transições no modelo (necessárias para que o *software* possa definir o trajeto realizado pelo paciente).

Na Figura 4. é possível visualizar os resultados obtidos após a aplicação do *plug-in Project Aligement to Log (PNetReplayer)*, que avalia o nível de conformidade. O trajeto efetuado por cada paciente é representado por uma sequência de setas, com quatro cores diferentes, em que cada cor corresponde a uma categoria de atividade. Assim, as atividades sincronizadas encontram-se a verde, as atividades *inserted* a amarelo e as *skipped* a roxo. As setas a preto correspondem às atividades não observáveis. Com a utilização deste *plug-in*, é possível obter quer estatísticas globais (presentes no lado direito da Figura 4), que refletem a conformidade geral entre o CP e o EL, quer estatísticas individuais, relacionadas com o trajeto efetuado por cada paciente.

Após uma inspeção visual do primeiro caso presente na Figura 4., é possível observar que este apresenta a maioria das atividades como *skipped* (a roxo). Apenas duas atividades são identificadas como sincronizadas (que se encontram em concordância com o CP) e uma atividade registada como *inserted*.

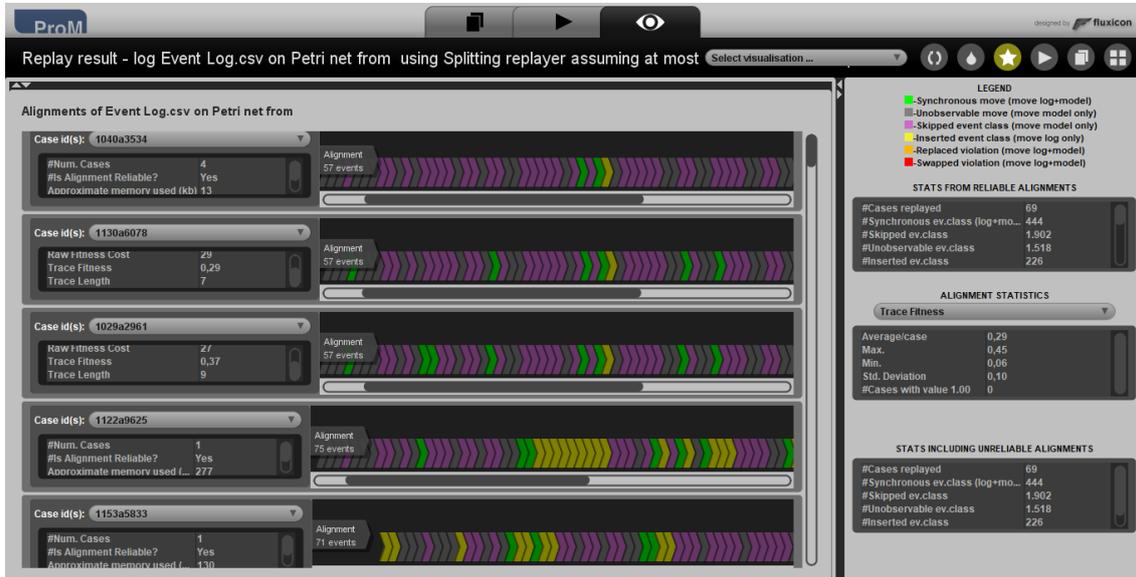


Figura 4. Análise de Conformidade – *output* gerado pelo *plug-in Project Alignment to Log (PNetReplayer)*

5.2.1. Resultados Gerais de Conformidade

Após a obtenção do *output* gerado pelo *software*, foi possível extrair estatísticas globais e avaliar a conformidade global entre o CP e o EL. Deste modo, a Tabela 5. detalha os resultados de conformidade, tendo por base o número de eventos observados e as atividades *skipped* e *inserted*, para os pacientes. Considerando os 69 pacientes que realizaram a cirurgia bariátrica, foram observados um total de 670 eventos. A média de eventos por paciente foi de 10, o que representa apenas 26,3% do número de eventos associados a um EL, cuja sequência seja completa face ao CP considerado teria 38 atividades. O número máximo de eventos registado foi 28, enquanto o mínimo foi 2, com um desvio padrão de 4,69. Tendo em conta a natureza da amostra disponível, o número de atividades *skipped* é consideravelmente maior do que o de atividades *inserted*, registando-se 1902 atividades *skipped* e 226 atividades *inserted*. Esta diferença era esperada dado que existem várias atividades presentes no CP que não são atualmente realizadas no Hospital da Luz, pelo que não existem registos da sua realização no EL.

Tabela 5. Resultados Gerais de Conformidade

Total casos	Total eventos	Eventos por caso			Desvio padrão	Atividades <i>skipped</i>	Atividades <i>inserted</i>
		Mínimo	Média	Máximo			
69	670	2	10	28	4,69	1902	226

A Tabela 6. apresenta os resultados obtidos para a *fitness*, após a realização da análise de conformidade. Verifica-se uma *fitness* média de 0,29, sendo o valor máximo obtido de 0,45 e o mínimo de 0,06. O intervalo entre os quartis Q1 e Q3 é [0,21; 0,37], ou seja, 50% da amostra apresenta uma *fitness* entre 0,21 e 0,37. É possível concluir que nenhum paciente cumpre o CP de forma integral, uma vez que os valores registados se encontram muito longe do valor ideal (valor de 1).

Tabela 6. Resultados Gerais da *Fitness*

Total casos	<i>Fitness</i>				1º Quartil	Mediana	3º Quartil
	Mínimo	Média	Máximo	Desvio padrão			
69	0,06	0,29	0,45	0,1	0,21	0,3	0,37

5.2.2. Distribuição da *Fitness* por Níveis de Conformidade

De modo a avaliar a distribuição dos valores obtidos para a *fitness* de cada paciente por níveis de conformidade elaborou-se a Figura 5. Os níveis de conformidade foram definidos pelos profissionais do Hospital da Luz, considerando os limites de cada nível fixos e em concordância com outros estudos realizados pela instituição. Estes níveis são:

- Conformidade baixa: [0; 0,4[
- Conformidade moderada: [0,4; 0,7[
- Conformidade elevada: [0,7; 1]

Ao analisar a Figura 5., é possível concluir que a maioria dos pacientes (94%) apresenta um valor de *fitness* que se encontra no nível de Conformidade baixa. No nível de Conformidade moderada encontram-se apenas sete pacientes. Nenhum paciente apresenta uma conformidade avaliada como elevada, o que era expectável uma vez que o valor máximo registado para a *fitness* foi de 0,45.

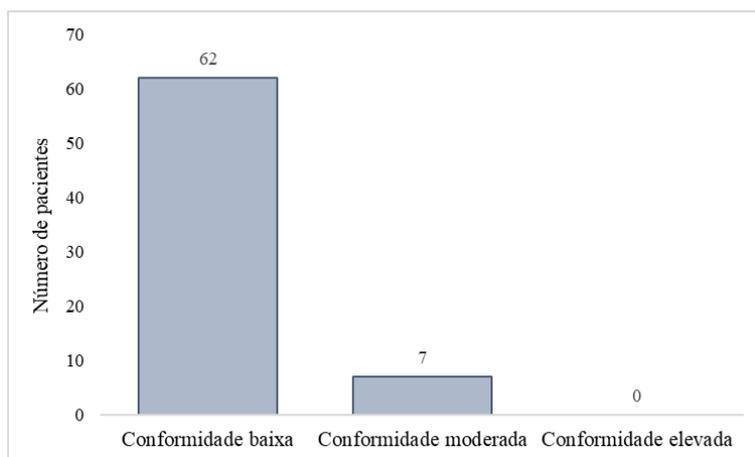


Figura 5. Distribuição dos valores obtidos para a *fitness* por níveis de conformidade

Idealmente, a maioria dos pacientes registaria uma *fitness* com um valor no intervalo definido como “Conformidade elevada”. Deste modo, verifica-se espaço para melhorar a adesão às práticas descritas no CP, uma vez que os valores da *fitness* se encontram muito longe da conformidade desejada.

5.2.3. Análise da Relação entre a *Fitness* e Outras Variáveis

Tendo como objetivo descobrir a existência de uma relação entre a *fitness* obtida para cada paciente e duas variáveis, o número de eventos (atividades sincronizadas e *inserted*) e a duração do percurso efetuado, elaboraram-se dois diagramas de dispersão.

A Figura 6. representa a relação existente entre a *fitness* e o número de eventos por paciente. Através da sua análise, é possível concluir a existência de uma correlação entre o valor da *fitness* e o número de eventos no trajeto de cada paciente. A relação entre estas duas variáveis é modelada por um polinómio, com um R^2 de 0,5235. Ao analisar o diagrama é possível concluir que a *fitness* é mais elevada nos trajetos constituídos por um número médio de 10 eventos.

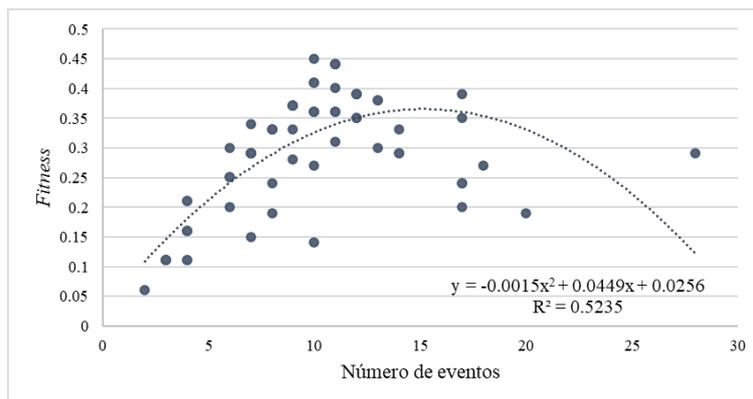


Figura 6. Diagrama de dispersão: *fitness* vs. número de eventos por paciente

A relação existente entre as duas variáveis é traduzida por uma parábola, onde as extremidades apresentam um valor mais baixo da *fitness*. Na extremidade esquerda, os pacientes apresentam um trajeto composto por 2 a 5 eventos. Tendo em conta que o CP completo inclui 38 atividades, é de esperar que a *fitness* nesta extremidade seja baixa, uma vez que o número de atividades realizadas também o é. No entanto, seria de esperar que, quanto mais próximo fosse o número de atividades realizadas do número total de atividades de um CP completo (38 atividades), maior fosse o valor da *fitness*. Tal não se verifica uma vez que as atividades efetuadas têm em conta atividades sincronizadas (presentes tanto no CP como no EL) e atividades *inserted* (presentes apenas no EL), resultando o baixo valor da *fitness* da penalização por inserção de atividades. Verifica-se que o número de atividades *inserted* não se encontra distribuído de forma homogénea nos ELs, estando estas mais concentradas nos pacientes com maiores trajetos. Assim se justifica que o valor da *fitness* de pacientes com um maior número de atividades efetuadas seja inferior ao esperado, devido às penalizações aplicadas.

Uma vez que a *fitness* e o número de eventos por paciente não apresentam uma correlação significativa nos trajetos com um maior número de atividades, tentou-se encontrar outra variável de forma a potenciar a correlação existente para estes casos. Assim, a variável escolhida foi a duração do trajeto efetuado por cada paciente, assumindo que quanto maior for a duração do trajeto, maior será a possibilidade de realização de mais atividades, aproximando-se do CP completo (38 atividades).

Na Figura 7. encontra-se presente a relação entre a *fitness* e a duração do trajeto (em dias) do paciente. Após a análise desta figura, é possível verificar a existência de uma correlação entre o valor da *fitness* e a duração do trajeto dos pacientes. A relação entre as duas variáveis é modelada por um polinômio, cujo quadrado do coeficiente de correlação é 0,6186, apresentando um valor superior que o valor obtido na análise anterior. Deste modo, é possível afirmar a existência de uma correlação mais forte entre a *fitness* e a duração do trajeto dos pacientes do que a encontrada anteriormente. Conclui-se também que a *fitness* é, em média, mais elevada nos trajetos com duração compreendida entre 230 e 270 dias.

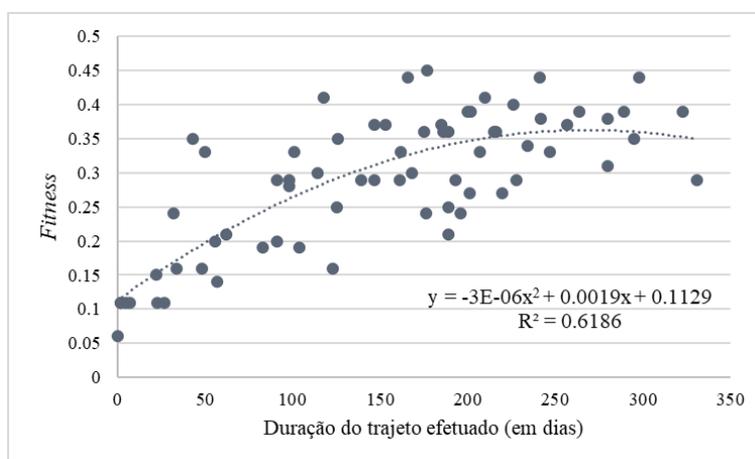


Figura 7. Diagrama de dispersão: *fitness* vs. duração do trajeto do paciente

A *fitness* é menor para os pacientes que completam o seu trajeto num espaço de tempo compreendido entre 1 e 100 dias. Dado que o hospital tem recursos limitados, pode existir a impossibilidade de realização das atividades clínicas, sendo necessário um tempo de espera entre as mesmas. Assim, trajetos com pequenas durações (entre 1 e 100 dias) impossibilitam a realização de diversas atividades, levando a menores valores da *fitness*. O raciocínio oposto é aplicado nos trajetos que duram mais de 280 dias. Seria de esperar que, quanto maior a duração de um trajeto, maior o número de atividades incluídas no mesmo e, por consequência, maior a *fitness* obtida. No entanto, observa-se um ligeiro decréscimo deste valor nos trajetos com duração superior a 280 dias, que se deve à presença de várias atividades *inserted*, nomeadamente a “Internamento”. Este, tendo como pressuposto a permanência no hospital de pelo menos dois dias, origina um aumento da duração do trajeto do paciente que, no entanto, não se reflete no valor da *fitness*.

5.3. Análise de Interações entre os Profissionais de Saúde

A aplicação de *plug-ins* de análise das interações teve como objetivo avaliar as interações existentes entre os profissionais de saúde e, por consequência, o modo como estas influenciam a gestão de recursos humanos. As diferenças entre os *plug-ins* utilizados nesta análise encontram-se no ponto 4.3.2.

Ao selecionar determinado profissional de saúde é importante determinar qual o seu papel na rede e qual a sua influência nas interações que se geram. O profissional pode ter um papel central, em que a sua presença na rede é crucial para que sejam estabelecidas outras ligações, pode ter uma presença isolada na rede, onde poucas ligações são definidas, ou ter um papel intermédio.

Para avaliar a importância de cada profissional na rede foi escolhida a métrica *Degree* (Grau de centralidade). O grau de centralidade de um profissional é definido pelo número de profissionais que se encontram conectados ao mesmo, definindo assim o seu nível de importância na rede. Se um profissional possuir um *degree* elevado e consistir no único elo de ligação entre dois grupos, se por alguma razão este profissional deixar de estar disponível na rede, a partilha de informação e de conhecimento entre estes dois grupos deixa de existir, impossibilitando a manutenção da rede criada.

Começando pela análise dos resultados obtidos no *plug-in Handover of work*, presentes na Figura 8., é possível distinguir os três papéis anteriormente definidos para cada profissional (central, intermédio e isolado). Na figura cada profissional encontra-se representado por um círculo. Os profissionais desta rede apresentam na sua maioria um papel isolado, estando conectados a poucos profissionais e não constituindo elementos cruciais na partilha de informação. Destacam-se três profissionais (identificados com os valores 1, 2 e 3) com um papel intermédio na rede, estando conectados a um maior número de profissionais e, por consequência, promovendo uma maior difusão de conhecimento. O profissional identificado por 4 é o elemento central da rede, sendo crucial a sua existência para preservação da rede e das interações criadas.

Tendo em conta o *plug-in Working together*, é possível observar na Figura 9. que o número de profissionais isolados (com menos conexões estabelecidas) diminuiu, uma vez que estes elementos já não se encontram tão concentrados na circunferência exterior. O número de profissionais com um papel intermédio na rede aumentou, assim como os

profissionais com um papel central na rede, passando a ser dois os elementos com maior grau de centralidade, os profissionais 4 e 5.

Deste modo, uma vez que este *plug-in* tem em conta apenas a frequência com que os profissionais trabalham em conjunto no mesmo caso, é possível afirmar a existência de uma rede coesa, onde os profissionais trabalham de forma próxima em múltiplos casos. Destacam-se os profissionais 4 e 5 que trabalham em conjunto com os restantes profissionais num maior número de casos e que, conseqüentemente, são os responsáveis por uma maior difusão de informações e conhecimento.

Numa ótica de gestão de recursos humanos, é importante o hospital ter em atenção os dois profissionais de saúde que apresentam um papel fulcral na rede. Se estes profissionais se ausentarem do hospital toda a rede ficará comprometida e, por consequência, o tratamento dos pacientes. O elemento 4 apresenta-se como um elemento vital na rede criada, uma vez que possui um papel central nas duas análises realizadas. É necessário acautelar eventuais situações que possam comprometer a sua permanência na rede.

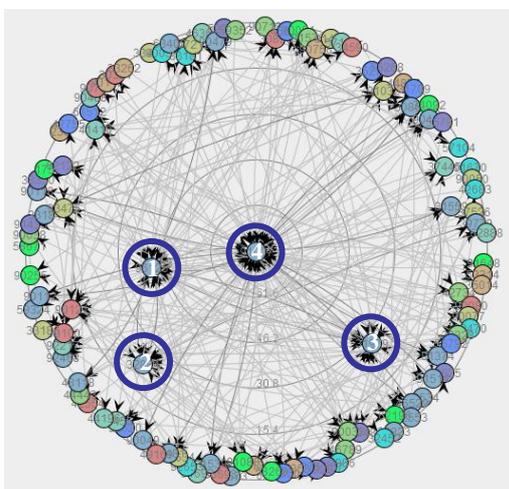


Figura 8. *Output gerado pelo plug-in Handover of work*

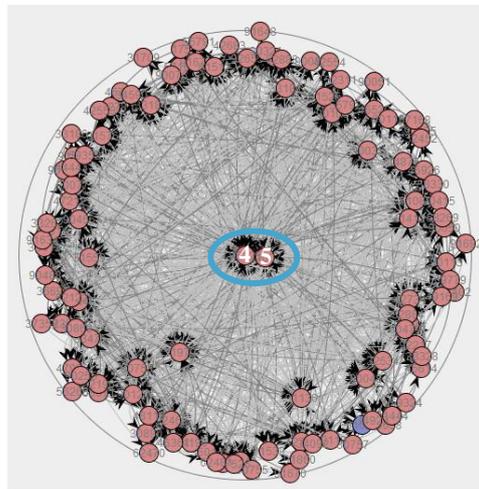


Figura 9. *Output gerado pelo plug-in Working together*

6. Conclusões e Trabalhos Futuros

Este trabalho teve como objetivo avaliar a conformidade existente entre o CP e a prática clínica, tendo como *input* um conjunto de dados reais de pacientes que efetuaram a cirurgia bariátrica como forma de tratamento para a obesidade no Hospital da Luz de Lisboa. Este capítulo resume as principais conclusões e contribuições deste trabalho e fornece sugestões de melhoria para trabalhos futuros.

As discrepâncias existentes entre as vias de tratamento implementadas e as recomendações clínicas presentes num CP, onde a prática clínica muitas vezes se desvia dos caminhos teóricos estabelecidos, motivou a realização deste estudo. A evidência científica comprova os benefícios organizacionais da implementação de CPs, pelo que são amplamente utilizados nas organizações de saúde, na tentativa de oferecer um tratamento de excelência. No entanto, o seu desenvolvimento pressupõe a existência de condições ideais que muitas vezes não se encontram reunidas, pelo que a implementação de um CP representa um desafio para as organizações. Assim, surgiu necessidade de avaliar a conformidade existente entre a prática clínica e o CP desenvolvido para o tratamento da obesidade no Hospital da Luz de Lisboa, apoiando a melhoria dos processos implementados nesta organização.

Após a análise da literatura, foram aplicadas ao estudo técnicas de *Process Mining* tendo em conta o seu potencial para extrair informações não triviais dos processos de saúde. Foi selecionado um algoritmo de análise de conformidade que, tendo por base a métrica *fitness*, reproduz a sequência de eventos efetuados ao longo do percurso terapêutico para pacientes com obesidade e devolve um valor para a conformidade existente. O ProM foi o *software* selecionado para efetuar a análise uma vez que se apresenta como ferramenta padrão para aplicação de técnicas de *Process Mining* e é o mais utilizado na área da saúde. Tendo como *inputs* o CP modelado e o EL, é gerado um valor para a *fitness* de cada paciente da amostra, o que permite definir o nível de conformidade global existente entre o protocolo clínico descrito no CP e o trajeto efetuado, registado no EL.

Existem algumas dificuldades inerentes à execução de uma análise de conformidade em processos clínicos, principalmente pela necessidade de diferenciar o tratamento prescrito consoante a avaliação médica realizada, o que resulta na presença de uma maior

diversidade de comportamentos médicos. No entanto, o modelo desenvolvido permitiu extrair informações da amostra, tendo em conta os objetivos iniciais do estudo. O nível de conformidade global média foi de 0,29, o que representa um valor reduzido. Os resultados mostram que nenhum paciente cumpre na integralidade a sequência pré-definida no CP, verificando-se um grande espaço para melhoria, dado que, em média, apenas 26% do trajeto teórico foi concluído pelos pacientes. Os valores obtidos para a *fitness* individual de cada paciente também se encontram muito abaixo do considerado como satisfatório, sendo o valor máximo registado de 0,45. O número de atividades *skipped* foi significativamente superior ao valor registado nas atividades *inserted*. O elevado número de atividades *skipped* é consequência da ausência de uma abordagem multidisciplinar ao longo do percurso clínico dos pacientes, considerada como imprescindível para o tratamento desta patologia pelas entidades de referência.

Embora os resultados obtidos na análise de conformidade concedam conhecimentos que permitem melhorar os processos implementados, existem pontos de melhoria que trabalhos futuros podem ter em conta.

Um dos pontos identificados consiste na atribuição de diferentes penalizações atribuídas para cada atividade *skipped* e *inserted*, a ser definidas em conjunto com os especialistas clínicos. Neste estudo, de modo a permitir a obtenção de resultados comparáveis entre os dois algoritmos aplicados, não foi possível realizar uma distinção entre as penalizações aplicadas a cada atividade. No entanto, ao definir diferentes penalizações para as atividades individuais do CP, é possível diferenciar a gravidade do incumprimento de atividades do trajeto previamente definido.

Outro ponto identificado consiste na dimensão da amostra utilizada. Seria importante utilizar uma base de dados com uma amostra de pacientes de dimensão superior, incluindo casos clínicos de diferentes anos. Esta alteração permitiria obter uma análise global mais detalhada e ainda uma análise evolutiva da adesão da prática clínica aos protocolos estabelecidos ao longo dos anos em análise. Adicionalmente, seria importante considerar os dados de todas as unidades do grupo Luz Saúde. Como referido, neste estudo apenas foram utilizados os dados do Hospital da Luz de Lisboa. No entanto, é possível que os pacientes tenham realizado atividades noutras unidades do grupo que não foram incluídas nesta análise.

7. Referências Bibliográficas

- Adriansyah, A., van Dongen, B.F. and van der Aalst, W.M.P., 2011. Conformance Checking Using Cost-Based Fitness Analysis. In *2011 IEEE 15th International Enterprise Distributed Object Computing Conference* (pp. 55-64). IEEE Computer Society.
- Alqahtani, A.R. and Elahmedi, M.O., 2015. Pediatric bariatric surgery: the clinical pathway. *Obesity surgery*, 25(5), pp.910-921.
- Basse, L., Jakobsen, D.H., Billesbølle, P., Werner, M. and Kehlet, H., 2000. A clinical pathway to accelerate recovery after colonic resection. *Annals of surgery*, 232(1), p.51.
- Bizagi, 2022. Low-code business process modeling and automation platform. Disponível em: <https://www.bizagi.com/en> (acedido a 2022/08/25).
- Borges, M., Miguel, L., Matias, J., Lourenço, F., Sousa, R., Cardoso, M., Costa, J., Freitas, P., Dias, C., Gaio, V., 2021. O custo e a carga do excesso de peso e obesidade em Portugal (Estudo de custo e carga da doença). Centro de Estudos de Medicina Baseada na Evidência Faculdade de Medicina da Universidade de Lisboa e Evigrade Healthcare Research and Consulting, Lisboa.
- Camolas, J., Gregório, M.J., Sousa, S., Graça, P., 2017. Obesidade: Otimização da bordagem terapêutica no Serviço Nacional de Saúde. Programa Nacional para a Promoção da Alimentação Saudável: Direção-Geral da Saúde, Lisboa.
- Campbell, H., Hotchkiss, R., Bradshaw, N. and Porteous, M., 1998. Integrated care pathways. *Bmj*, 316(7125), pp.133-137.
- Campillo-Soto, Á., Martín-Lorenzo, J.G., Lirón-Ruiz, R., Torralba-Martínez, J.A., Bento-Gerard, M., Flores-Pastor, B. and Aguayo-Albasini, J.L., 2008. Evaluation of the clinical pathway for laparoscopic bariatric surgery. *Obesity surgery*, 18(4), pp.395-400.
- Combi, C., Oliboni, B., Zardini, A. and Zerbato, F., 2017. A methodological framework for the integrated design of decision-intensive care pathways—an application to the management of COPD patients. *Journal of Healthcare Informatics Research*, 1(2), pp.157-217.
- Dunzer, S., Stierle, M., Matzner, M. and Baier, S., 2019. Conformance checking: a state-of-the-art literature review. In *Proceedings of the 11th international conference on subject-oriented business process management* (pp. 1-10).
- Every, N.R., Hochman, J., Becker, R., Kopecky, S. and Cannon, C.P., 2000. Critical pathways: a review. *Committee on Acute Cardiac Care, Council on Clinical Cardiology, American Heart Association. Circulation*, 101(4), pp.461-465.
- Fahland, D., Favre, C. and Völzer, H., 2015. The relationship between workflow graphs and free-choice workflow nets. *Information Systems*, 47, pp.197-219.
- Frutos, M.D., Luján, J., Hernández, Q., Valero, G. and Parrilla, P., 2007. Clinical pathway for laparoscopic gastric bypass. *Obesity surgery*, 17(12), pp.1584-1587.

- Goretti, G., Marinari, G.M., Vanni, E. and Ferrari, C., 2020. Value-based healthcare and enhanced recovery after surgery implementation in a high-volume bariatric center in Italy. *Obesity Surgery*, 30(7), pp.2519-2527.
- Hospital da Luz, 2022. Formação, investigação e inovação em saúde - Learning Health [Online Document]. Disponível em: <https://www.hospitaldaluz.pt/learninghealth/pt/> (acedido a 2022/08/25).
- Kalenkova, A., Burattin, A., de Leoni, M., van der Aalst, W. and Sperduti, A., 2018. Discovering high-level BPMN process models from event data. *Business Process Management Journal*, 25, pp.995–1019.
- Kempa-Liehr, A.W., Lin, C.Y.C., Britten, R., Armstrong, D., Wallace, J., Mordaunt, D. and O'Sullivan, M., 2020. Healthcare pathway discovery and probabilistic machine learning. *International journal of medical informatics*, 137, p.104087.
- Mannhardt, F., De Leoni, M., Reijers, H.A. and Van Der Aalst, W.M., 2016. Balanced multi-perspective checking of process conformance. *Computing*, 98(4), pp.407-437.
- Martin, N., De Weerd, J., Fernández-Llatas, C., Gal, A., Gatta, R., Ibáñez, G., Johnson, O., Mannhardt, F., Marco-Ruiz, L., Mertens, S. and Munoz-Gama, J., 2020. Recommendations for enhancing the usability and understandability of process mining in healthcare. *Artificial Intelligence in Medicine*, 109, p.101962.
- Mulla, C.M., Middelbeek, R.J. and Patti, M.E., 2018. Mechanisms of weight loss and improved metabolism following bariatric surgery. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1411(1), pp.53-64.
- Müller, R. and Rogge-Solti, A., 2011. BPMN for healthcare processes. In *Proceedings of the 3rd Central-European Workshop on Services and their Composition (ZEUS 2011)*, Karlsruhe, Germany (Vol. 1).
- Munoz-Gama, J., Martin, N., Fernandez-Llatas, C., Johnson, O.A., Sepúlveda, M., Helm, E., Galvez-Yanjari, V., Rojas, E., Martinez-Millana, A., Aloini, D. and Amantea, I.A., 2022. Process mining for healthcare: Characteristics and challenges. *Journal of Biomedical Informatics*, 127, p.103994.
- Najjar, A., Reinharz, D., Girouard, C. and Gagné, C., 2018. A two-step approach for mining patient treatment pathways in administrative healthcare databases. *Artificial intelligence in medicine*, 87, pp.34-48.
- NICE, 2014. Obesity: identification, assessment and management - Clinical guideline. [Online Document]. Disponível em: <https://www.nice.org.uk/guidance/cg189/> (acedido a 2022/03/20).
- OMG, 2013. Business Process Model and Notation (BPMN), Version 2.0.2 [Online Document]. Disponível em: <https://www.omg.org/spec/BPMN/2.0.2/PDF> (acedido a 2022/04/07).
- OMS, 2000. Obesity: preventing and managing the global epidemic, 894.
- ProM, 2022. ProM Tools. Disponível em: <https://www.promtools.org/> (acedido a 2022/04/20).

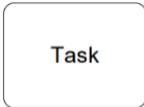
- Quaglioni, S., Cavallini, A., Gerzeli, S., Micieli, G. and GLADIS Study Group, 2004. Economic benefit from clinical practice guideline compliance in stroke patient management. *Health Policy*, 69(3), pp.305-315.
- Rebuge, Á. and Ferreira, D.R., 2012. Business process analysis in healthcare environments: A methodology based on process mining. *Information systems*, 37(2), pp.99-116.
- Rojas, E., Munoz-Gama, J., Sepúlveda, M. and Capurro, D., 2016. Process mining in healthcare: A literature review. *Journal of biomedical informatics*, 61, pp.224-236.
- Rotter, T., Kinsman, L., James, E.L., Machotta, A., Gothe, H., Willis, J., Snow, P. and Kugler, J., 2010. Clinical pathways: effects on professional practice, patient outcomes, length of stay and hospital costs. *Cochrane database of systematic reviews*, (3).
- Rouse, A.D., Tripp, B.L., Shipley, S., Pories, W., Cunningham, P. and MacDonald, K., 1998. Meeting the challenge of managed care through clinical pathways for bariatric surgery. *Obesity Surgery*, 8(5), pp.530-534.
- Rovani, M., Maggi, F. M., De Leoni, M., & Van Der Aalst, W. M. (2015). Declarative process mining in healthcare. *Expert Systems with Applications*, 42(23), 9236-9251.
- Scheuerlein, H., Rauchfuss, F., Dittmar, Y., Molle, R., Lehmann, T., Pienkos, N. and Settmacher, U., 2012. New methods for clinical pathways—business process modeling notation (BPMN) and tangible business process modeling (t. BPM). *Langenbeck's archives of surgery*, 397(5), pp.755-761.
- Semlitsch, T., Stigler, F.L., Jeitler, K., Horvath, K. and Siebenhofer, A., 2019. Management of overweight and obesity in primary care—A systematic overview of international evidence-based guidelines. *Obesity Reviews*, 20(9), pp.1218-1230.
- Song, M., 2004. Mining social networks: Uncovering interaction patterns in business processes. In *International conference on business process management*, pp. 244-260. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Van de Klundert, J., Gorissen, P. and Zeemering, S., 2010. Measuring clinical pathway adherence. *Journal of biomedical informatics*, 43(6), pp.861-872.
- Van Der Aalst, W., 2016. *Process mining: data science in action (Vol. 2)*. Heidelberg: Springer.
- Van der Aalst, W., Adriansyah, A. and van Dongen, B., 2012. Replaying history on process models for conformance checking and performance analysis. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery*, 2(2), pp.182-192.
- Van der Aalst and W.M.P., 2011. *Process Mining: Discovery, Conformance and Enhancement of Business Processes*. Heidelberg: Springer.
- Van Dongen, B.F., de Medeiros, A.K.A., Verbeek, H.M.W., Weijters, A.J.M.M. and van Der Aalst, W.M., 2005. The ProM framework: A new era in process mining tool

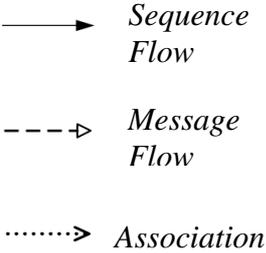
- support. In *International conference on application and theory of petri nets* (pp. 444-454). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Verbeek, H.M.W., van Dongen, B.F., Mendling, J. and van der Aalst, W.M., 2006. Interoperability in the ProM Framework. *EMOI-INTEROP*, 6.
- Weir, C.B., Jan, A., 2022. BMI Classification Percentile And Cut Off Points, in: StatPearls. StatPearls Publishing, Treasure Island (FL).
- Withrow, D. and Alter, D.A., 2011. The economic burden of obesity worldwide: a systematic review of the direct costs of obesity. *Obesity reviews*, 12(2), pp.131-141.
- Yan, H., Van Gorp, P., Kaymak, U., Lu, X., Ji, L., Chiau, C.C., Korsten, H.H. and Duan, H., 2017. Aligning event logs to task-time matrix clinical pathways in BPMN for variance analysis. *IEEE journal of biomedical and health informatics*, 22(2), pp.311-317.
- Yang, W. and Su, Q., 2014. Process mining for clinical pathway: Literature review and future directions. In *2014 11th international conference on service systems and service management (ICSSSM)*, pp. 1-5. IEEE.

Anexos

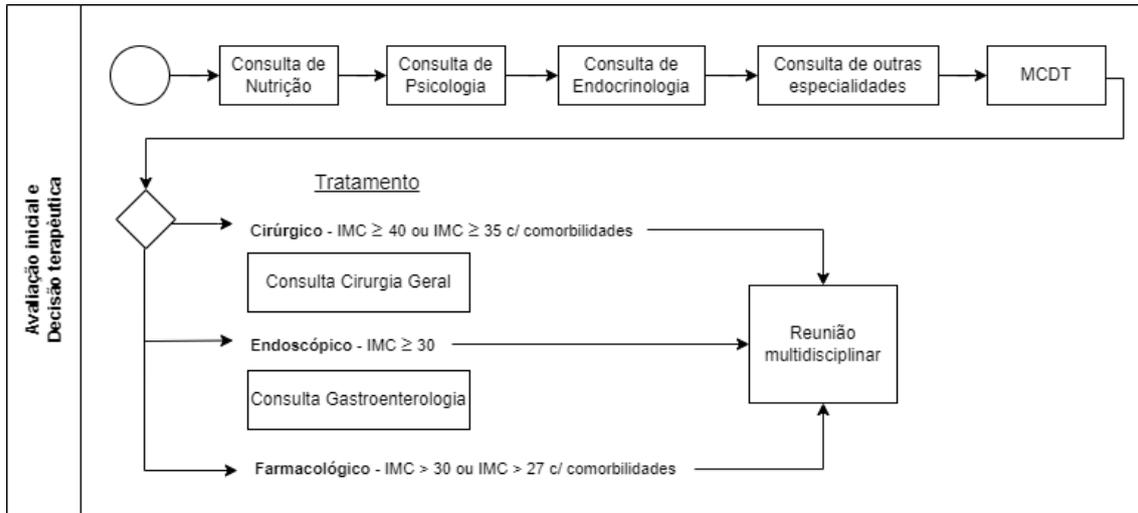
Anexo 1 – Elementos Gráficos de BPMN

As quatro principais categorias de elementos gráficos utilizados em BPMN são: eventos, atividades, *gateways* e objetos de conexão (Combi et al., 2017; OMG, 2013).

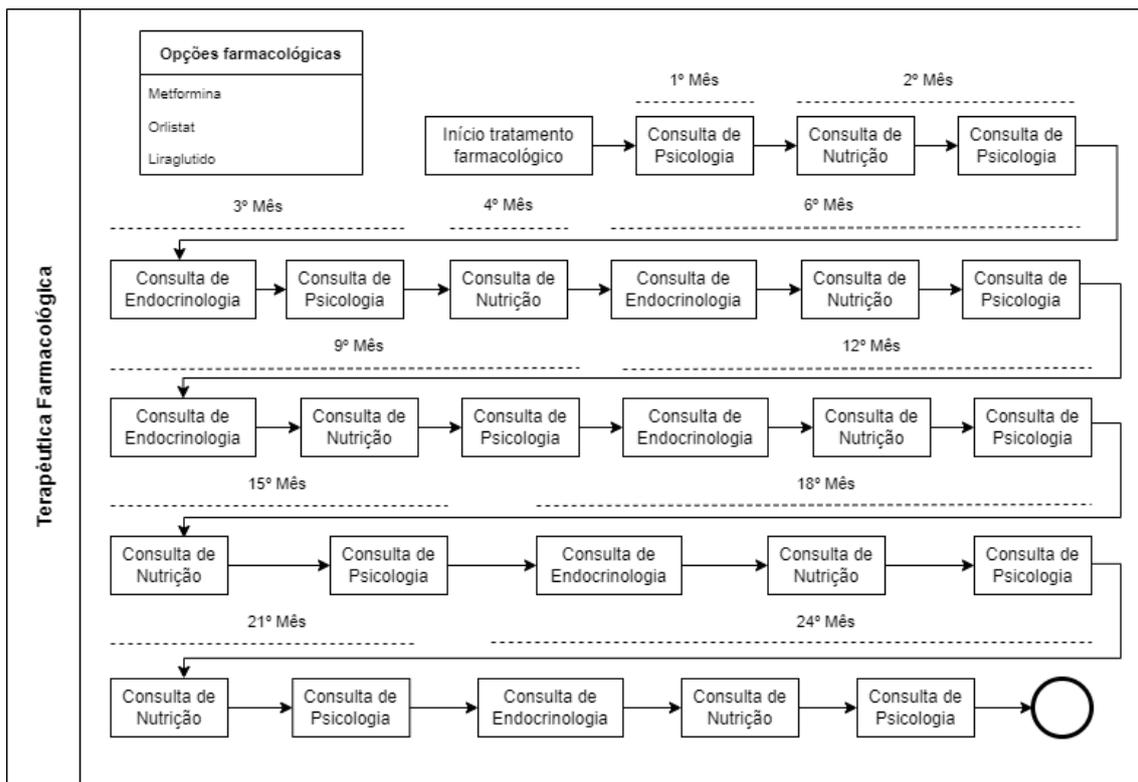
<p>Eventos</p>	<p>O evento representa um acontecimento que ocorre durante a execução de um processo, afetando o fluxo do modelo. Graficamente, estes são representados por círculos e podem conter um marcador interno que permite diferenciar o tipo de ação inerente. Existem três tipos de eventos que diferem consoante o momento em que afetam o fluxo: Inicial, Intermédio e Final.</p>	 Evento Inicial  Evento Intermédio  Evento Final
<p>Atividades</p>	<p>A atividade representa o trabalho a realizar durante a execução do processo. O BPMN fornece dois tipos distintos de atividades: Tarefa e Subprocesso. Graficamente, as atividades são representadas por retângulos com os cantos arredondados, contendo o nome da atividade no seu interior.</p>	 Tarefa  Sub-processo
<p>Gateways</p>	<p>Os <i>gateways</i> são utilizados para controlar as divergências e as convergências na sequência de fluxo num processo. Cada tipo de controlo afeta tanto o fluxo de entrada como de saída. Este elemento é representado por um losango, contendo um marcador interno, que diferencia o tipo de controlo. O <i>Gateway</i> Exclusivo é utilizado para criar caminhos alternativos dentro de um fluxo de processo. O <i>Gateway</i> Paralelo (AND – “+”) é utilizado</p>	 Gateway Exclusivo  Gateway Paralelo  Gateway Inclusivo

	<p>para visualizar a execução simultânea de atividades. O <i>Gateway Inclusivo</i> (OR – “O”) representa o controlo de fluxo do processo ao longo de um ou mais caminhos do processo.</p>	
<p>Objetos de Conexão</p>	<p>Os objetos de conexão são utilizados para interligar os restantes elementos do diagrama, criando a estrutura básica de um modelo de processos. Uma <i>Sequence Flow</i> é representada por uma linha sólida e é utilizada para mostrar a sequência de atividades a ser executadas durante um processo. Uma <i>Message Flow</i> é representada por uma linha tracejada com a ponta da seta aberta e é utilizada para mostrar o fluxo de mensagens entre dois participantes de processos distintos. Uma <i>Association</i> é representada por uma linha pontilhada e é utilizada para associar dados e texto a objetos do fluxo.</p>	<p>  <i>Sequence Flow</i> <i>Message Flow</i> <i>Association</i> </p>

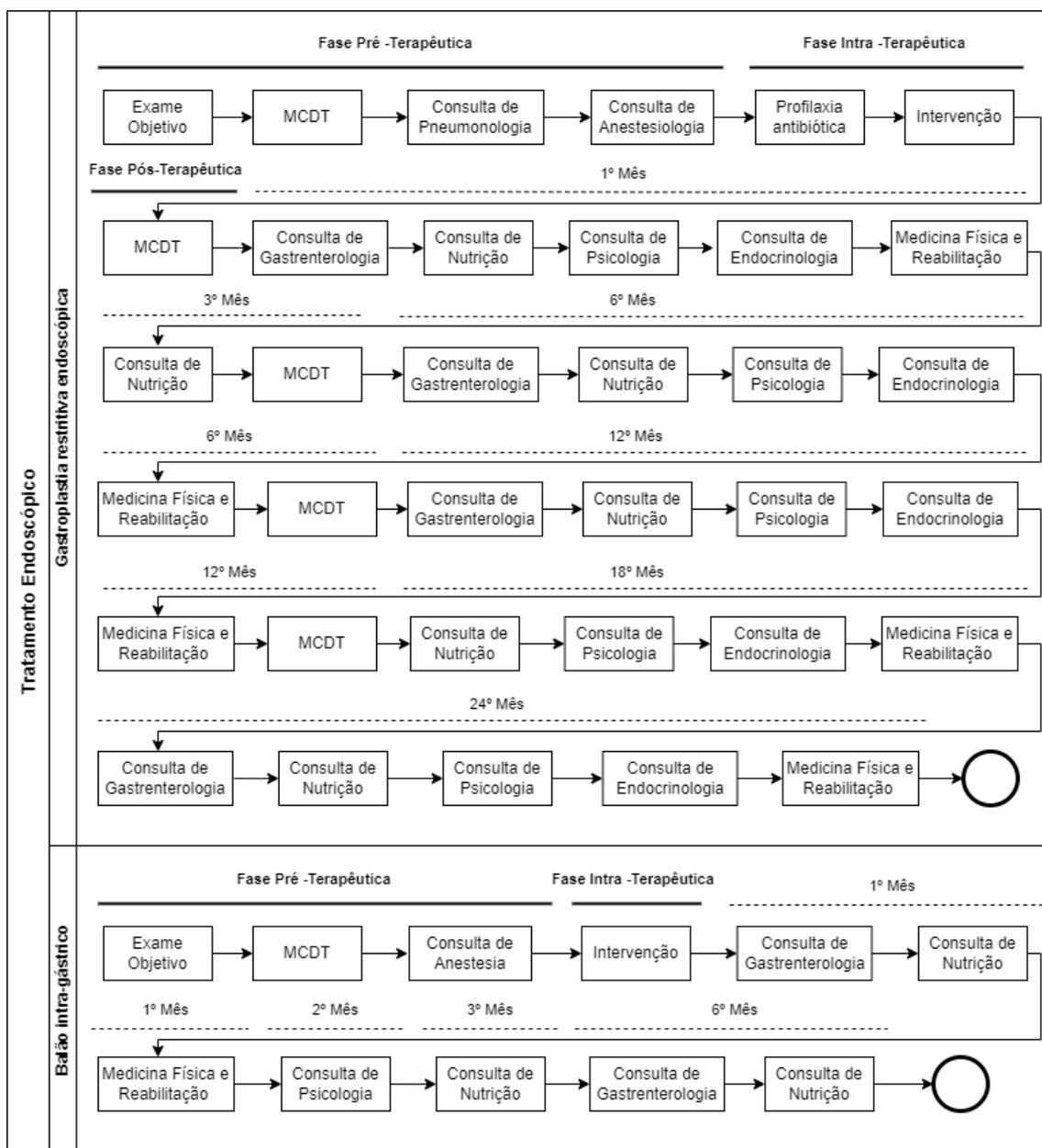
Anexo 2 – Clinical Pathway da Obesidade



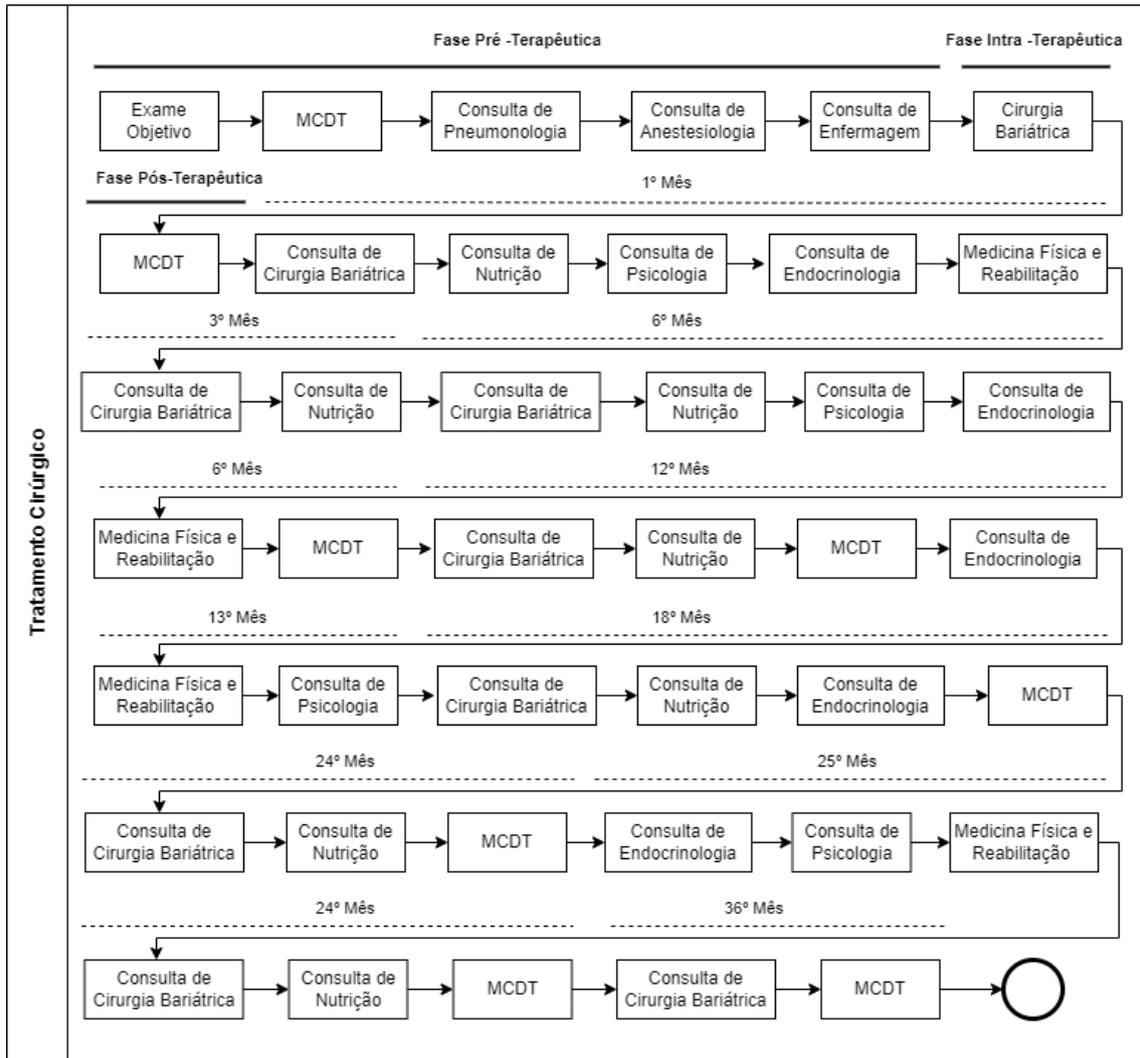
Anexo 2A - Avaliação inicial e Decisão terapêutica



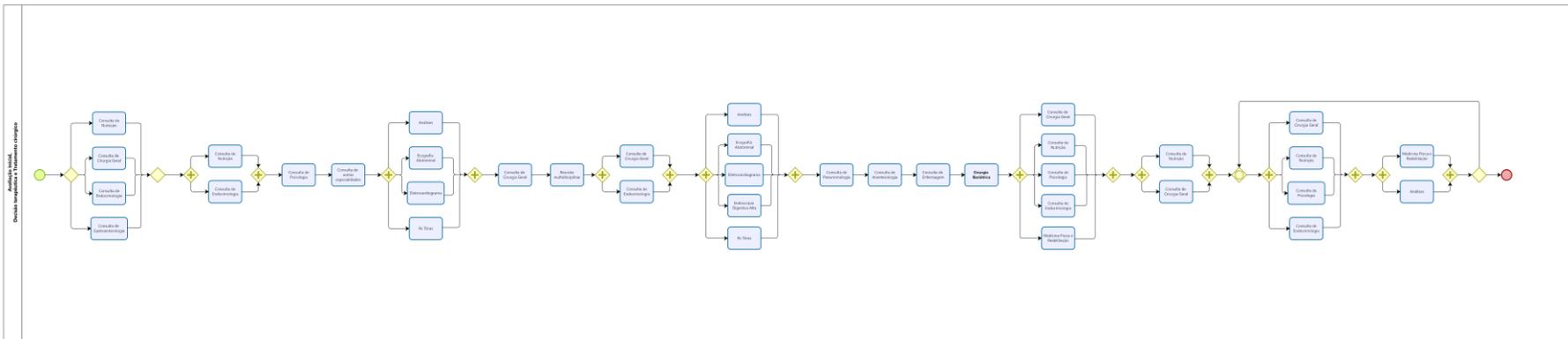
Anexo 2B - Terapêutica Farmacológica



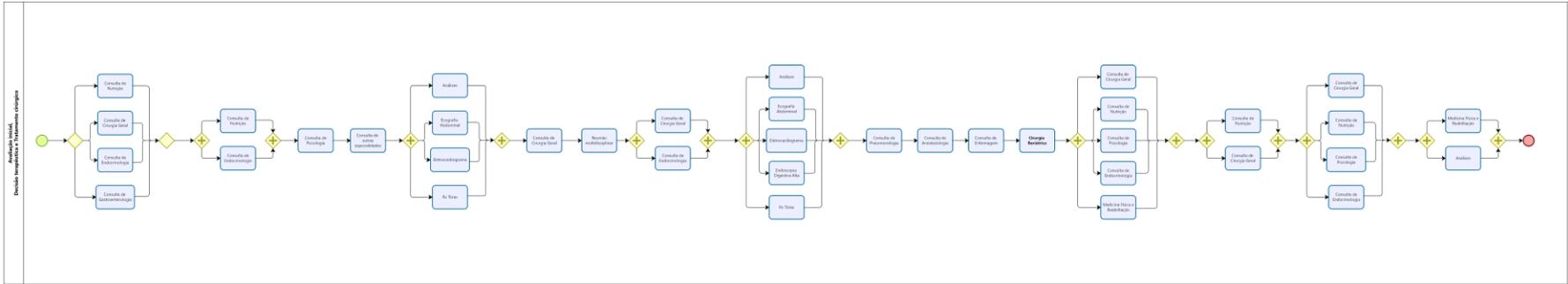
Anexo 2C - Tratamento Endoscópico



Anexo 2D - Tratamento Cirúrgico



Anexo 3B - Modelação do CP para a cirurgia bariátrica em BPMN



Anexo 3C - Modelação do CP ajustado para a cirurgia bariátrica em BPMN