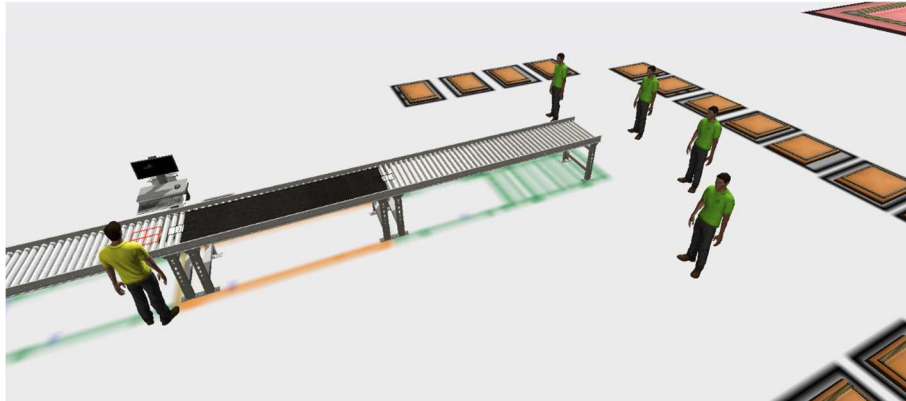




INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA

Departamento de Engenharia Mecânica



Dimensionamento e validação de um sistema logístico com recurso à simulação

JOÃO PEDRO FERREIRA DOS SANTOS
Licenciado em Engenharia Civil

Trabalho de Projeto ou Dissertação de natureza científica para obtenção do grau de Mestre
em Engenharia e Gestão Industrial

Orientador:

Doutor Vitor Manuel Rodrigues Anes

Júri:

Presidente: Doutor António João Pina da Costa Feliciano Abreu

Vogais:

Doutora Maria Teresa Ribeiro Pereira

Doutor Vitor Manuel Rodrigues Anes

novembro de 2023



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA

Departamento de Engenharia Mecânica

Dimensionamento e validação de um sistema logístico com recurso à simulação

JOÃO PEDRO FERREIRA DOS SANTOS
Licenciado em Engenharia Civil

Trabalho de Projeto ou Dissertação de natureza científica para obtenção do grau de Mestre
em Engenharia e Gestão Industrial

Orientador:

Doutor Vítor Manuel Rodrigues Anes

Júri:

Presidente: Doutor António João Pina da Costa Feliciano Abreu

Vogais:

Doutora Maria Teresa Ribeiro Pereira

Doutor Vítor Manuel Rodrigues Anes

novembro de 2023

Agradecimentos

A realização da presente dissertação contou com a motivação e apoio de muitos que contribuíram bastante para chegar onde estou hoje. Os últimos anos, de pandemia, embora difíceis, revelaram a importância da perseverança no caminho para atingir os objetivos, onde o apoio dos mais próximos é essencial.

Em primeiro lugar, agradecer a Deus pelo Dom da Vida e pela graça destes anos de aprendizagem.

Ao professor Vítor Anes, por ter aceitado ser meu orientador nesta dissertação, por todas as reuniões, sugestões e ensinamentos transmitidos.

Em homenagem ao professor José Igreja e ao meu pai, duas pessoas presentes no início desta etapa, mas que, infelizmente, já partiram. Ao professor Igreja, a gratidão de ter aceitado ser meu co-orientador e todo o contributo prestado a nível de conhecimento para a elaboração deste trabalho. Ao meu pai, a eterna gratidão por tanto. Este trabalho é dedicado a eles.

À minha família, aos meus avós, à Marta, ao Afonso e em especial à minha mãe, pela força que sempre me deram em tudo na vida. À Rita e ao Bruno, por todo o apoio, motivação e dedicação.

À Carolina, por ter sempre acreditado em mim, por toda a paciência, disponibilidade e ajuda.

A todos os amigos e colegas que me acompanharam ao longo deste trajeto. Em especial ao Bruno, companheiro de inúmeros trabalhos de grupo. Todos juntos, ultrapassámos os desafios desta aventura académica.

A todos,

O meu Obrigado!

Nomenclatura

API	<i>Interface de Programação de Aplicações</i>
CB	Código de Barras
CD	Centro de Distribuição
CPT	Centro Principal de Tratamento
CST	Centro Secundário de Tratamento
Eet (e)	Eficiência esperada da estação de trabalho
FIFO	<i>First In First Out</i>
FILO	<i>First In Last Out</i>
LIFO	<i>Last In First Out</i>
LILO	<i>Last In Last Out</i>
Nop	Número de operários
OCR	<i>Optical Code Recognition</i>
PRC	Período de Recuperação do Capital Investido
PR (e)	Produtividade esperada
Qr	Quantidade Requerida
Rva	Rácio de valor acrescentado
SIRO	<i>Serve In Random Order</i>
Ta	Tempo de atravessamento
Tdp	Tempo disponível para produção
Te	Tempo de processamento da estação
TIR	Taxa Interna de Rentabilidade
TIR	Taxa Interna de Rentabilidade
PRC	Período de Recuperação do Capital Investido
Tt	Takt time
Txp	Taxa de Produção
VA	Valor Atual
VAL	Valor Atual Líquido
VC	<i>Visual Components</i>
WIP	<i>Work In Progress</i>

Resumo

No panorama atual, torna-se necessário às empresas esforçarem-se por encontrar estratégias que as orientem para o sucesso dos seus resultados, de modo a serem competitivas no mercado. Este objetivo é alcançado através da melhoria da eficiência/produktividade dos seus processos e da eficácia dos mesmos. Para tal, importa às empresas avaliarem o retorno do investimento em novas tecnologias e processos, procurando, sempre que possível, a otimização através do menor custo possível e da eliminação de desperdícios.

Neste âmbito, surge a presente dissertação de mestrado, que pretende realizar a otimização, dimensionamento e validação de um sistema logístico, por meio da simulação, numa empresa do setor da distribuição de encomendas. Como tal, as áreas de estudo que suportam esta dissertação são a teoria das filas de espera e a simulação.

A simulação de processos é uma ferramenta cada vez mais útil em ambiente industrial e eficaz como apoio à tomada de decisão. Esta permite criar e testar cenários em vários modelos, sem comprometer o sistema real. Esta característica permite simular ideias de inovação e prever os resultados decorrentes da sua implementação, sem a necessidade de qualquer investimento ou alteração na área de produção. Assim, os principais objetivos desta dissertação foram: a criação de um modelo de simulação do sistema atual de divisão de encomendas, a respetiva identificação de desperdícios e a proposta de novas oportunidades de melhoria; a criação de novos modelos de simulação que dimensionassem o sistema com base nessas propostas; a comparação da nova proposta com o sistema atual, através de *Key Performance Indicators*; a análise de retorno financeiro do projeto.

A metodologia de investigação baseou-se num caso de estudo com recurso à ferramenta de simulação *FlexSim*, que mostra ser possível aumentar a eficiência dos processos de divisão de encomendas através da implementação das melhorias propostas. Através dos resultados obtidos, prevê-se que seja possível aumentar: a produtividade do processo de divisão nacional de encomendas em 37%; a produtividade do processo de divisão regional de encomendas em 56%; o retorno financeiro a 5 anos em 110%, face à ausência de investimento neste projeto.

Palavras-chave: Simulação, FlexSim, melhoria, produtividade, análise de investimento, eficiência.

Abstract

In the current landscape, it is essential for companies to strive to find strategies that guide them towards the success of their outcomes, in order to remain competitive in the market. This objective is achieved through improving the efficiency/productivity of these processes and their effectiveness. To do so, it is important for companies to assess the return on investment in new technologies and processes, seeking, whenever possible, optimization through the lowest possible cost and waste elimination.

In this context, this master's dissertation aims to optimize, size, and validate a logistics system, through simulation, of a company in the distribution sector. Therefore, the areas of study supporting this dissertation are queuing theory and simulation.

Process simulation is an increasingly valuable tool in the industrial environment and an effective decision supporting tool. It allows the creation and testing of scenarios in various models, without compromising the real system. This enables the simulation of innovative ideas, predicting the results of their implementation, without the need for any investment or changes in the production area. Thus, the main objectives of this dissertation were: creating a simulation model of the current parcel division system and identify its waste, while proposing new improvement opportunities; developing new simulation models that sized the system based on these proposals; comparing the new proposal with the current system using Key Performance Indicators; analyzing the financial return of the project.

The research methodology was based on a case study using the FlexSim simulation tool, which shows that it is possible to increase the efficiency of order splitting processes by implementing the proposed improvements. Based on the results obtained, it is expected that it will be possible to increase: the productivity of the national order picking process by 37%; the productivity of the regional order picking process by 56%; and the financial return over 5 years by 110%, given the lack of investment in this project.

Keywords: Simulation, FlexSim, improvement, productivity, investment analysis, efficiency.

Índice

Agradecimentos	I
Nomenclatura	III
Resumo	V
Abstract	VII
Índice de Figuras	XI
Índice de Tabelas	XIII
1. Introdução	1
1.1 Enquadramento e Objetivos	1
1.2 Metodologia.....	2
1.3 Estrutura da Dissertação.....	3
2. Revisão Bibliográfica	5
2.1 Teoria das Filas de Espera	5
2.2 Simulação	8
2.2.1 Conceitos usados na simulação	11
2.2.2 Tipos de modelos de simulação	12
2.2.3 Fases de um processo de simulação	13
2.2.4 Vantagens e limitações da simulação	15
2.2.5 Ferramentas de simulação - FlexSim	16
2.3 Indicadores de Produção	24
2.4 Critérios de decisão de investimento	26
2.4.1 Valor Atual Líquido - VAL	27
2.4.2 Taxa Interna de Rentabilidade - TIR.....	28
2.4.3 Período de Recuperação do Capital Investido - PRC.....	29
3. Caso de Estudo	31
3.1 Introdução – Enquadramento.....	31
3.2 Apresentação do Problema – Objetivos	35
3.3 Caracterização do Processo As-Is (CST)	36
3.3.1 Levantamento da Planta e Layout Atual	36
3.3.2 Levantamento do Fluxo Operacional.....	36
3.3.3 Aferição dos Coeficientes de Produtividade das Tarefas.....	42
3.3.4 Simulação do Processo As-Is no Software FlexSim	43
3.3.5 Análise de Resultados	46
4. Propostas de melhoria	49
4.1 Propostas Consideradas.....	49

4.2	Caracterização das propostas e cenários de melhoria	53
4.2.1	Restrições Operacionais.....	53
4.2.2	Nova aferição dos coeficientes de produtividade das tarefas.....	53
4.2.3	Matriz de Simulações	55
4.3	Simulação das propostas de melhoria	55
4.3.1	Simulação – Fase Concentração.....	55
4.3.2	Simulação – Fase Dispersão	67
4.4	Resultados e Análise	73
4.5	Análise do retorno financeiro do projeto	78
5.	Conclusões e Trabalhos Futuros	83
	Referências Bibliográficas.....	85
	Anexos	91
	Anexo A.....	91
	Anexo B	103

Índice de Figuras

Figura 2.1 - Modelo simplificado da teoria das filas de espera	6
Figura 2.2 - Modo de estudo de sistemas.....	9
Figura 2.3 - Fases de estudo de um projeto de simulação	13
Figura 2.4 - Logotipo da empresa FlexSim.....	21
Figura 2.5 - <i>Process Flow FlexSim</i>	23
Figura 3.1 – Esquema rede operacional de distribuição de encomendas.....	32
Figura 3.2 - Esquema da Rede Operacional.....	34
Figura 3.3 - Levantamento do Fluxo Operacional.....	36
Figura 3.4 - Europaletes	38
Figura 3.5 - Solução tecnológica de tapetes atual.....	38
Figura 3.6 - Contentor.....	39
Figura 3.7 - Diagrama de carga das ligações (concentração)	39
Figura 3.8 - Diagrama de carga das ligações (Dispersão)	40
Figura 3.9 - Esquema de divisão nacional.....	40
Figura 3.10 - Esquema de divisão regional	41
Figura 3.11 - Planta em 2D no software FlexSim.....	44
Figura 3.12 - Planta em 3D no software FlexSim.....	44
Figura 3.13 - Parametrização da função distribuição de probabilidade da tarefa de picagem do CB dos Objetos	45
Figura 3.14 - Planta em 3D da divisão regional no software FlexSim.....	46
Figura 4.1 - Exemplo de módulo dinâmico de pesagem.....	49
Figura 4.2 - Exemplo de luva com sistema OCR.....	50
Figura 4.3 - Configuração de divisão Linha	51
Figura 4.4 - Configuração de divisão T.....	51
Figura 4.5 - Configuração de divisão Cruz.....	52
Figura 4.6 - Configuração de divisão T+.....	52
Figura 4.7 - Gráfico representativo dos coeficientes de produtividade da tarefa de divisão com luva OCR.....	54
Figura 4.8 - Simulação FlexSim – Divisão Nacional – configuração linha	56
Figura 4.9 - Simulação FlexSim – Divisão Nacional – configuração T	57
Figura 4.10 - Simulação FlexSim – Divisão Nacional – configuração Cruz	59
Figura 4.11 - Simulação FlexSim – Divisão Nacional – configuração T+	61

Figura 4.12 - Simulação FlexSim – Divisão Regional – configuração Linha.....	63
Figura 4.13 - Simulação FlexSim – Divisão Regional – configuração T	65
Figura 4.14 - Simulação FlexSim – Divisão Rotas Distribuição – configuração T	68
Figura 4.15 - Simulação FlexSim – Divisão Rotas Distribuição – configuração Cruz.....	70
Figura 4.16 - Simulação FlexSim – Divisão Rotas Distribuição – configuração T+	72

Índice de Tabelas

Tabela 2.1 - Comparação de softwares de simulação	18
Tabela 3.1 - Plano de ações (1ª fase projeto).....	35
Tabela 3.2 – Matriz de dispersão de tráfego pelos 15 CST.....	41
Tabela 3.3 – Matriz de dispersão de tráfego pelos 5 CD.....	42
Tabela 3.4 – Funções distribuição de probabilidade das tarefas	43
Tabela 4.1 - Função distribuição de probabilidade da tarefa triagem com luva OCR.....	53
Tabela 4.2 – Funções distribuição de probabilidade da tarefa divisão com luva OCR em função do número de divisões.....	54
Tabela 4.3 - Matriz de simulações a realizar no software FlexSim.....	55
Tabela 4.4 - Resumo dos resultados obtidos nas simulações dos cenários das propostas de melhoria no software FlexSim.....	74
Tabela 4.5 - Comparação dos resultados obtidos nas simulações dos cenários das configurações ótimas com os resultados do processo atual implementado	76
Tabela 4.6 - Estimativa de custos do cenário A	78
Tabela 4.7 - Estimativa de ganhos do cenário A.....	78
Tabela 4.8 - Estimativa de custos do cenário B	79
Tabela 4.9 - Estimativa de ganhos do cenário B.....	79
Tabela 4.10 - Estudo de retorno de investimento do cenário A	80
Tabela 4.11 - Estudo de retorno do cenário B.....	80

1. Introdução

O primeiro capítulo da presente dissertação tem como objetivo a apresentação e enquadramento do tema selecionado para o seu respetivo desenvolvimento. Este capítulo divide-se em três subcapítulos: o primeiro, de enquadramento ao tema, onde são identificados e explicados os objetivos da dissertação; o segundo, onde é apresentada a metodologia utilizada, com as suas diferentes fases; o terceiro, onde é clarificada a estrutura da presente dissertação.

1.1 Enquadramento e Objetivos

Atualmente, vive-se numa era de intensa competição entre as organizações, onde a globalização das tecnologias e dos mercados, juntamente com as elevadas expectativas dos clientes, pressionam as organizações quanto à necessidade de estar à altura dessas expectativas. A prioridade das organizações é assegurar a qualidade dos produtos vendidos ou dos serviços prestados e, simultaneamente, aumentar as margens de lucro, mesmo com prazos cada vez mais apertados. Ao mesmo tempo que procuram assegurar a qualidade do serviço prestado e a eficiência dos seus processos, as organizações devem ter em consideração a necessidade de um compromisso com um desenvolvimento sustentável. As Nações Unidas divulgaram, em 2015, a “Agenda 2030”, que contém um conjunto de 17 objetivos de desenvolvimento sustentável. Neste contexto, a otimização e inovação de processos devem ser realizadas tendo em vista uma eliminação de desperdícios, contribuindo para uma produção, consumo e ação climática responsáveis. É fundamental que as organizações tenham em consideração estes aspetos para conquistarem um lugar no mercado.

De acordo com Sharma (Sharma, 2020), a pandemia Covid-19 veio imprimir uma mudança no comportamento de compra, com um impacto positivo nas compras *online*, conduzindo a um aumento significativo do setor da distribuição de encomendas. É neste contexto que se insere o caso de estudo da presente dissertação, desenvolvido numa empresa do setor da distribuição. A operação desta empresa desenvolveu-se, nos últimos anos, devido ao crescimento do número de encomendas *online*. Como tal, pretende melhorar a sua operação, com o objetivo de capacitar os processos para a produção necessária e torná-los mais eficientes.

Com este estudo pretende-se redimensionar e validar um processo logístico de divisão de encomendas existente num centro operacional. Os principais objetivos a atingir com esta dissertação são:

- Desenvolver um modelo de simulação do processo atual de divisão de encomendas;
- Elaborar e analisar indicadores do sistema atual que permitam a identificação de oportunidades de melhoria;
- Desenvolver cenários e modelos de simulação como propostas de melhoria face ao cenário atual;
- Elaborar e analisar indicadores dos novos sistemas que permitam a sua comparação com o processo atual;
- Desenvolver uma análise sobre a viabilidade e retorno financeiro do projeto.

1.2 Metodologia

A metodologia de investigação baseou-se num caso de estudo com recurso a uma ferramenta de simulação, e pode ser dividida em três etapas.

Numa etapa inicial de pesquisa bibliográfica, o objetivo principal consistiu em adquirir e consolidar os conceitos fundamentais, posteriormente discutidos ao longo desta dissertação, servindo como alicerce para as análises realizadas.

Numa segunda fase, foi realizado o levantamento de todo o processo atual do caso de estudo, de modo a permitir o desenvolvimento do modelo de simulação. Esta fase teve ainda o objetivo de, após a caracterização do modelo e análises efetuadas, trabalhar nos processos, visando a sua otimização e determinação de desempenho da organização ou dos processos, com posterior melhoria.

Numa última fase, foi desenvolvido um modelo de simulação para a aplicação das melhorias identificadas nos vários processos. Posteriormente, foram analisados todos os indicadores e realizada uma análise de investimento ao projeto.

1.3 Estrutura da Dissertação

A presente dissertação encontra-se dividida em cinco capítulos principais, sendo em seguida explicado o seu respetivo conteúdo.

O primeiro e presente capítulo é composto pelo enquadramento do tema da dissertação, onde se define a importância e o *background* atual do tema nas organizações, e pela identificação dos principais objetivos que se pretendem alcançar com o estudo. Ainda neste capítulo, são também expostas a metodologia e estrutura do mesmo.

No segundo capítulo, primeiramente, é efetuada uma revisão bibliográfica dos conceitos da teoria das filas de espera e da simulação. São desenvolvidos subtópicos relacionados com os tipos de modelos de simulação, as fases de um projeto de simulação, as suas vantagens e limitações e são ainda abordadas algumas ferramentas utilizadas. Posteriormente, são enumerados alguns indicadores de produção, que serviram de base às análises realizadas no estudo e aos critérios de decisão utilizados num investimento.

No terceiro capítulo, é apresentado o caso de estudo, aplicado ao processo de divisão de encomendas de uma empresa do setor da distribuição. Para tal, é inicialmente apresentado e caracterizado o negócio da empresa, bem como o funcionamento da rede de operações. Ainda neste capítulo, é realizado o levantamento do processo atual, com as respetivas variáveis, e desenvolvido um modelo de simulação, com análise dos resultados obtidos.

No quarto capítulo, são apresentadas as propostas de melhoria ao processo e realizadas as respetivas simulações. Os resultados das mesmas são interpretados e é conduzida uma análise de investimento ao projeto.

Por fim, no quinto e último capítulo, apuram-se as conclusões relativas ao estudo efetuado e apresentam-se sugestões para futuros trabalhos a realizar.

2. Revisão Bibliográfica

2.1 Teoria das Filas de Espera

A teoria das filas de espera é uma área matemática, particularmente um campo da investigação operacional, que tem como objetivo modelar e analisar sistemas que envolvem a probabilidade de formação de filas de espera, tais como atendimentos em bancos, hospitais, restaurantes, lojas, aeroportos, entre outros. Os sistemas de filas de espera podem ser vistos como processos estocásticos, nos quais os clientes chegam, esperam numa fila e são atendidos por um servidor. A análise de sistemas de filas de espera é uma ferramenta importante para avaliar o seu desempenho e propor melhorias, analisando as consequências que decorrem da interrupção do fluxo normal e garantindo uma melhor experiência para os clientes e maior eficiência do sistema como um todo (Gross, Shortie, Thompson & Harris, 2008; Müller, 2007).

A teoria das filas de espera teve a sua origem na pesquisa realizada por *A.K. Erlang*, em 1909, e foi, posteriormente, desenvolvida por *Kendall*, em 1953. Esta teoria baseia-se em três elementos fundamentais: o processo de chegada, o processo de atendimento e o número de servidores. O processo de chegada representa a distribuição dos tempos entre as chegadas dos clientes, enquanto o processo de atendimento representa a distribuição dos tempos de serviço. Já o número de servidores pode ser único ou múltiplo, dependendo da capacidade de atendimento do sistema. A partir destes elementos, é possível modelar este tipo de sistemas e analisá-los usando métodos matemáticos (Kendall, 1953).

Esta análise baseia-se, normalmente, em medidas de desempenho, tais como a taxa de ocupação do servidor, o tempo médio de espera na fila, o tempo médio de atendimento, a taxa de chegada dos clientes e a taxa de serviço. A escolha das medidas de desempenho a serem utilizadas depende das características do sistema em questão e dos objetivos da análise. A análise de sistemas de filas de espera pode ser feita de forma analítica ou por meio da simulação, dependendo da complexidade do sistema ou dos objetivos da análise.

Existem diversos modelos, cada um com as suas características e aplicações específicas. Um dos elementos mais fundamentais neste processo é a fila de servidor único, onde é aplicada a notação de *Kendall*. Esta notação descreve o processo de chegada, distribuição do tempo de serviço, número de servidores e o tamanho da sala de espera Figura 2.1 (Hsu, 2020):

- Processo de chegada;
- Distribuição de serviço;
- Capacidade do sistema;
- Tamanho da população;
- Disciplina da fila.

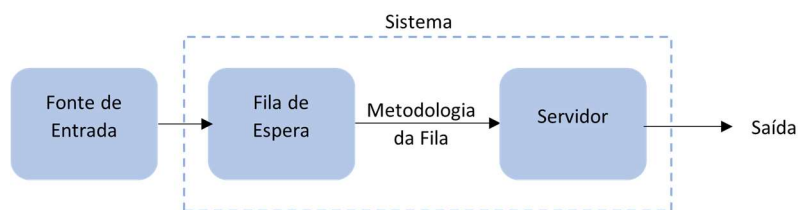


Figura 2.1 - Modelo simplificado da teoria das filas de espera

Fonte: Adaptado de Hsu, (2020)

Relativamente à notação, os caracteres mais comumente utilizados nas duas primeiras posições são: D (Determinístico), M (Markoviano/Poisson, para o processo de chegada ou exponencial para a distribuição de serviço), G (Geral), GI (Geral e Independente) e Geom (Geométrico). A primeira posição indica qual o padrão de chegada dos clientes do sistema e a segunda a distribuição de probabilidade do tempo de serviço. Ambas indicam funções que variam consoante o tempo, motivo pelo qual ambas são representadas pelos mesmos tipos de distribuições. A terceira posição indica o número de servidores do sistema. A quarta posição indica o número máximo de clientes que o sistema suporta, onde estão incluídos os que se encontram à espera, bem como os que estão a ser atendidos. A posição cinco indica o potencial número de clientes que pode chegar ao sistema. Por fim, a sexta posição representa a ordem em que os clientes serão atendidos após saírem da fila.

Algumas regras comuns na aplicação das filas de espera são: *First In, First Out* (FIFO), *Last In, First Out* (LIFO) e *Serve In Random Order* (SIRO) (Zukerman, 2020). Um dos modelos mais conhecidos é o modelo M/M/1, que assume que a distribuição dos tempos entre chegadas e dos tempos de serviço segue uma distribuição exponencial e que há um único servidor. Esse modelo foi estudado em detalhe por *Gross* e *Harris*. Outro modelo importante é o modelo M/G/1, que assume uma distribuição geral para o tempo de atendimento, mas ainda mantém a hipótese de um único servidor. Há ainda modelos mais complexos, como o modelo de filas com múltiplos servidores e o modelo de filas com prioridades, que levam em consideração a existência de diferentes classes de clientes.

Todas as variáveis mencionadas anteriormente têm um impacto positivo ou negativo na eficiência e eficácia de um determinado serviço. Estas variáveis podem ser influenciadas por fatores internos ou externos e, conseqüentemente, a velocidade de desenvolvimento do sistema. No que diz respeito ao processo de entrada, se as chegadas e a oferta do serviço ocorrerem estritamente de acordo com a programação, teoricamente, é possível evitar a formação de filas. No entanto, na prática, isso nem sempre se verifica. Na maioria dos casos, as chegadas são influenciadas por fatores externos, ou seja, não são controláveis. Portanto, o processo de chegadas, geralmente, é descrito em termos de variáveis aleatórias, que representam qualquer número de chegadas que ocorram durante um intervalo de tempo ou em intervalos de tempo sucessivos. No que diz respeito às chegadas, se os clientes chegarem em grupos, o tamanho do grupo também pode ser uma variável aleatória.

As incertezas envolvidas nos mecanismos de serviço incluem o número de servidores, o número de clientes atendidos e a duração e modo do serviço, que também são representados por variáveis aleatórias. Um fator importante a ter em conta é o número de clientes que o sistema pode suportar, que pode ser considerado finito ou infinito, como já mencionado anteriormente (Bhat, 2008).

À medida que os sistemas são modelados como processos estocásticos ou como sistemas de filas, tornam-se cada vez mais complexos e as soluções dinâmicas, analíticas ou numéricas podem tornar-se intratáveis. Em alguns casos, podem ser usados programas de computador para simular o comportamento do sistema, ou, pelo menos, o comportamento principal que se deseja analisar. A simulação é realizada com diversos valores aleatórios e os comportamentos modelados são registrados para serem analisados posteriormente. Os números aleatórios gerados por computador são, na verdade, números pseudoaleatórios, já que todos começam com uma "semente" que não é aleatória, mas sim determinada pela pessoa que pretende realizar a simulação. A partir dessa "semente" inicial, seqüências de números aleatórios são geradas e, por meio da sua repetição sucessiva, os resultados da simulação são produzidos. No entanto, pode ser necessário executar várias replicações com "sementes" diferentes para obter uma amostra representativa de resultados (Bhat, 2008; Gross, Shortie, Thompson & Harris, 2008). Assim, a simulação computacional desempenha um papel fundamental na análise de sistemas de filas. Esta permite modelar e reproduzir o comportamento do sistema em condições controladas, a fim de avaliar diferentes cenários e testar estratégias de melhoria. Através de técnicas de simulação, é possível ajustar parâmetros, como a taxa de chegada de clientes e a capacidade de atendimento, a fim de identificar configurações que levem a um melhor desempenho do sistema (Banks, Carson, Nelson & Nicol, 2010).

A teoria das filas de espera tem diversas aplicações práticas, como por exemplo, na análise de tráfego em redes de computadores, nos projetos que envolvem linhas de produção industriais, na análise de sistemas de transporte, na gestão de filas de espera em hospitais e bancos, entre outros. A análise de desempenho desses sistemas permite identificar *bottlenecks* e propor melhorias para otimizar o fluxo e reduzir o tempo de espera dos clientes. A aplicação da teoria das filas de espera na área de Engenharia e Gestão Industrial permite otimizar a alocação de recursos, planejar a capacidade do sistema e melhorar a eficiência operacional. Por exemplo, na gestão de *stocks*, a análise de sistemas de filas de espera pode auxiliar na determinação do nível adequado de inventário, considerando o tempo de espera do fornecedor e a procura dos clientes. Em processos produtivos, esta teoria pode ser usada para identificar *bottlenecks* e otimizar o planeamento da produção, visando reduzir o tempo de espera entre as etapas. No campo da logística, é aplicada para dimensionar e otimizar a capacidade de armazenamento e movimentação de mercadorias, considerando as procuras sazonais e os tempos de espera nas filas de receção e expedição. Já na área de atendimento ao cliente, esta análise auxilia no dimensionamento da equipa de atendimento, na definição de políticas de priorização e no planeamento de estratégias para redução do tempo de espera. Em conclusão, a teoria das filas de espera é uma ferramenta muito útil para a análise e otimização de sistemas de espera em diversos contextos industriais e de serviços. Através da modelação matemática, análise de desempenho e simulação computacional, é possível identificar *bottlenecks*, propor melhorias e aumentar a eficiência dos sistemas. O principal objetivo é obter uma solução ótima que potencie sempre a relação custo/benefício, por exemplo, aumentando a taxa de serviço e reduzindo o tempo de espera dos clientes, traduzindo-se num custo de espera menor (Gross, Shortie, Thompson & Harris, 2008; Roberts, 1975; Sztrik, 2016; Tirkolae & Jolai, 2011).

2.2 Simulação

Ao abordar o conceito da simulação torna-se necessário esclarecer o conceito de sistema e quais as formas que existem de o estudar. Um sistema é composto por um conjunto de elementos, como pessoas ou máquinas, que atuam e interagem entre si, com o objetivo de alcançar uma meta ou um propósito lógico (Schmidt & Taylor, 1970). As diferentes formas de estudar um sistema estão representadas na Figura 2.2.

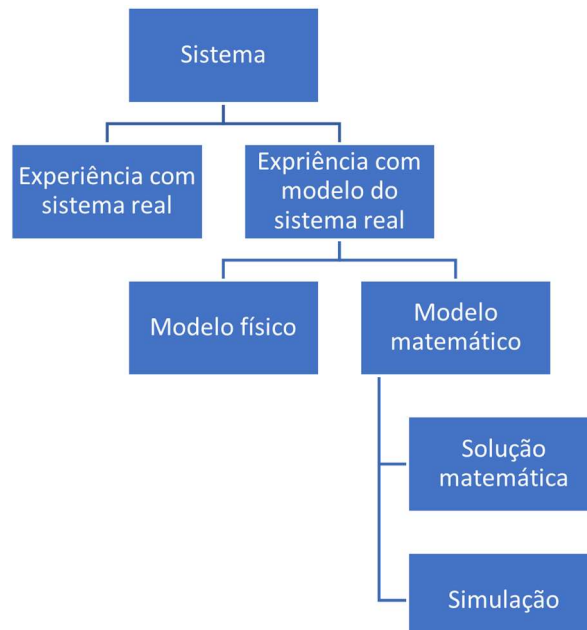


Figura 2.2 - Modo de estudo de sistemas

Fonte: Adaptado de Law e Kelton, (1991)

Quando se opta por utilizar um modelo do sistema real, existem duas abordagens possíveis. Uma delas é a construção de uma réplica física do sistema, chamada de modelo físico. A outra alternativa é o desenvolvimento de um modelo matemático ou lógico, que representa o sistema por meio de relações lógicas e matemáticas que descrevem o seu funcionamento sob as restrições aplicadas (Law & Kelton, 1991).

Os modelos matemáticos são conjuntos de aproximações e pressupostos utilizados para caracterizar o funcionamento do sistema na situação atual e em cenários alternativos. Em geral, os modelos matemáticos são fáceis de construir, económicos e fornecem resultados mais rápidos, pois envolvem a manipulação das variáveis de entrada do modelo (Kelton, Sadowski & Sturrock, 2003).

Um modelo matemático pode encontrar uma solução exata para sistemas simples, utilizando abordagens matemáticas tradicionais, como por exemplo equações diferenciais, programação linear ou a teoria das filas de espera. No entanto, em geral, procura-se sempre encontrar estimativas da solução exata, o que justifica o uso de *softwares* de simulação (Kelton *et al.*, 2003).

A simulação pode ser definida como a técnica de espelhar o comportamento de um sistema real num determinado tempo, através de um modelo computacional, a fim de obter informações sobre o seu desempenho e comportamento. Nomeadamente, para modelar sistemas reais ou hipotéticos complexos, que são difíceis de serem analisados por meio de métodos analíticos mais tradicionais, e analisar o seu desempenho em diferentes cenários (Schriber, 1987; Shannon, 1998). A simulação envolve a criação de um modelo computacional que reproduz o comportamento do sistema real,

permitindo a realização de experiências/cenários virtuais, utilizando animações gráficas, e a avaliação de diversas estratégias e políticas de tomada de decisão, independentemente deste sistema real existir ou não (Banks, 2000; Robinson, Nance, Paul, Pidd & Taylor, 2004). Dias (2005), considera a simulação como uma técnica utilizada na análise de sistemas dinâmicos sujeitos a fenômenos de interação entre as entidades que os compõem (Chung, 2003).

A simulação permite prever o comportamento futuro de sistemas por meio do uso de modelos, antecipando assim os efeitos resultantes de alterações ou da implementação de diferentes métodos nas operações. Quando possível e viável economicamente, é recomendado estudar diretamente o sistema real, uma vez que os resultados das alterações aplicadas serão irrefutáveis (Banks, 1998). No entanto, frequentemente, é inviável, ou até mesmo impossível, realizar experiências diretamente no sistema, devido a possíveis efeitos indesejáveis e altos custos envolvidos. Além disso, o sistema que se deseja estudar pode nem mesmo existir. Por essas razões, é necessário desenvolver um modelo que represente o sistema real e a simulação torna-se numa ferramenta de excelência para casos de investimento em sistemas criados de raiz (Law & Kelton, 1991).

A simulação computacional é definida como um método numérico capaz de reproduzir as características e os processos de um sistema. Esta faz uso de um software adequado para simular o comportamento do sistema em diferentes condições e avaliar o efeito da manipulação das entradas nos parâmetros de desempenho (Banks, Carson, Nelson & Nicol, 2010; Law & Kelton, 1991).

A simulação é uma ferramenta bastante utilizada na área de Engenharia e Gestão Industrial. Ingalls (2011) afirma que a simulação é uma das ferramentas com mais capacidade em termos de planejamento, desenvolvimento e análise de processos de produção. É amplamente utilizada em sistemas de produção por vários motivos, tais como a dificuldade em construir um modelo matemático em comparação com um modelo de simulação, a necessidade de apresentar animações gráficas para melhor compreensão do sistema real, a melhoria das ferramentas de simulação que reduzem o tempo de desenvolvimento dos modelos e a facilidade de obter resultados com os modelos de simulação, em comparação com os modelos analíticos (Frapagne *et al.*, 2021; Kelton *et al.*, 2003; Mahmood *et al.*, 2021; Martin *et al.*, 2021; Panneerselvam & Senthilkumar, 2013). A modelação de um novo sistema pode ter um custo inferior em comparação com um investimento inicial num protótipo de um processo de produção, permitindo ajudar a implementar um novo *layout* e a sua organização (Chung, 2003). Deste modo, a simulação ganha um papel relevante na ajuda à tomada de decisão, pois facilita e minimiza o risco de decisões erradas nas diferentes fases de implementação de um novo projeto (Sargeant, 2010).

2.2.1 Conceitos usados na simulação

Apresentam-se os conceitos fundamentais da simulação que serão utilizados e ajudarão na elaboração dos modelos de simulação (Sokolowski & Banks, 2010):

- **Entidades:** as entidades podem ser classificadas em dois tipos: dinâmicas e estáticas. As entidades dinâmicas movem-se pelo sistema, como clientes que utilizam recursos, enquanto as estáticas (recursos) desempenham a função de servir entidades dinâmicas, como as máquinas ou equipamentos. Além disso, as entidades podem ser temporárias, quando entram, percorrem e saem do sistema ou permanentes, quando executam a sua função e permanecem no sistema;
- **Variáveis:** As variáveis contêm informações relevantes sobre o sistema num determinado momento. O número de pessoas, peças ou tarefas em filas de espera são consideradas variáveis do sistema. Estas podem ser alteradas pelas entidades do sistema. Existem também variáveis definidas especificamente na modelação de um dado sistema;
- **Atributos:** Os atributos são características específicas de uma dada entidade no sistema. Se a entidade for um cliente, então a idade e a altura podem ser atribuídas a cada entidade através do conceito de atributo;
- **Eventos:** Os eventos ocorrem em momentos específicos no tempo, como a chegada e saída de entidades do sistema. Podem influenciar a ocorrência de alteração dos atributos e variáveis do mesmo;
- **Recursos:** Os recursos são entidades estáticas que fornecem serviços às entidades dinâmicas, podendo representar, por exemplo, pessoas ou equipamentos. Nesse sentido, um recurso torna possível uma entidade receber um serviço durante um determinado período;
- **Filas:** As filas são locais no sistema onde as entidades dinâmicas aguardam, enquanto esperam por um recurso. Normalmente, as filas de espera seguem a regra FIFO (*First In, First Out*), ou seja, a primeira entidade que chega será a primeira a ser processada. No entanto, existem outras regras como FILO (*First In, Last Out*) ou LILO (*Last In, Last Out*);
- **Sistema:** Um sistema é um conjunto de entidades que interagem entre si para a realização de um objetivo lógico;
- **Modelo:** Um modelo é uma representação de um sistema real com o objetivo de estudar e analisar esse mesmo sistema.

2.2.2 Tipos de modelos de simulação

Os modelos podem ser categorizados como matemáticos ou físicos. Um modelo matemático utiliza notação simbólica e relações matemáticas para representar um sistema. Estes modelos podem ser classificados como (Kelton *et al.*, 2002; Law & Kelton, 1991):

- Estáticos ou dinâmicos;
- Determinísticos ou estocásticos;
- Discretos ou contínuos.

Os modelos dinâmicos representam sistemas onde o fator tempo é determinante, ou seja, a mudança e a maneira como os modelos se comportam têm como influência a componente tempo. Por outro lado, nos modelos estáticos, o tempo não é um fator determinante, sendo que o comportamento destes sistemas considera apenas os eventos atuais e não os passados. Importa realçar que grande parte dos modelos operacionais são dinâmicos, em particular os sistemas de produção, nos quais o tempo tem um papel essencial.

A diferença entre os modelos estocásticos e determinísticos reside, principalmente, na aleatoriedade dos modelos, ou seja, se existe uma componente probabilística ou não. Os modelos determinísticos possuem um conjunto conhecido de entradas que resultam num único conjunto de saídas. Por outro lado, os modelos estocásticos são caracterizados por terem uma ou mais variáveis aleatórias como entrada, o que resulta em saídas também aleatórias. Portanto, as saídas da simulação estocástica devem ser tratadas como estimativas estatísticas das características reais de um sistema, ou seja, devido à componente aleatória, uma parametrização de uma variável de entrada pode provocar diferentes resultados no modelo.

Num modelo discreto, as variáveis de estado que descrevem o estado do sistema mudam de forma instantânea em intervalos de tempo durante a simulação. Por outro lado, num modelo de simulação de eventos contínuos, as variáveis de estado mudam de forma contínua em relação ao tempo. Na maioria dos casos reais, estamos perante modelos mistos, havendo, no entanto, sempre uma parte predominante. Os modelos de simulação são extremamente úteis para analisar fenómenos tanto discretos quanto contínuos. A escolha entre eles depende das características do sistema em questão e dos objetivos do estudo (Miyagi, 2004).

Os modelos de simulação podem ocorrer em duas modalidades de tempo:

- Tempo real: o tempo é definido numa escala real, na qual os eventos ocorrem e são tratados na mesma escala de tempo do sistema real. Nesse caso, o operador humano interage com o simulador em tempo real, como é o caso dos simuladores de voo.

Tempo simulado: a definição de tempo não segue a escala de evolução do tempo real. Por exemplo, pode simular-se um ano de tempo real em apenas alguns segundos de processamento. Estes modelos são utilizados para análises de desempenho, em que o foco está nas medidas de desempenho.

2.2.3 Fases de um processo de simulação

Um processo de simulação compreende várias fases e está em constante evolução, uma vez que pode ser aperfeiçoado ao longo do seu desenvolvimento. É importante considerar as seguintes etapas principais no processo de simulação (Figura 2.3) (Ahtiok & Melamed, 2007; Banks, 2003):

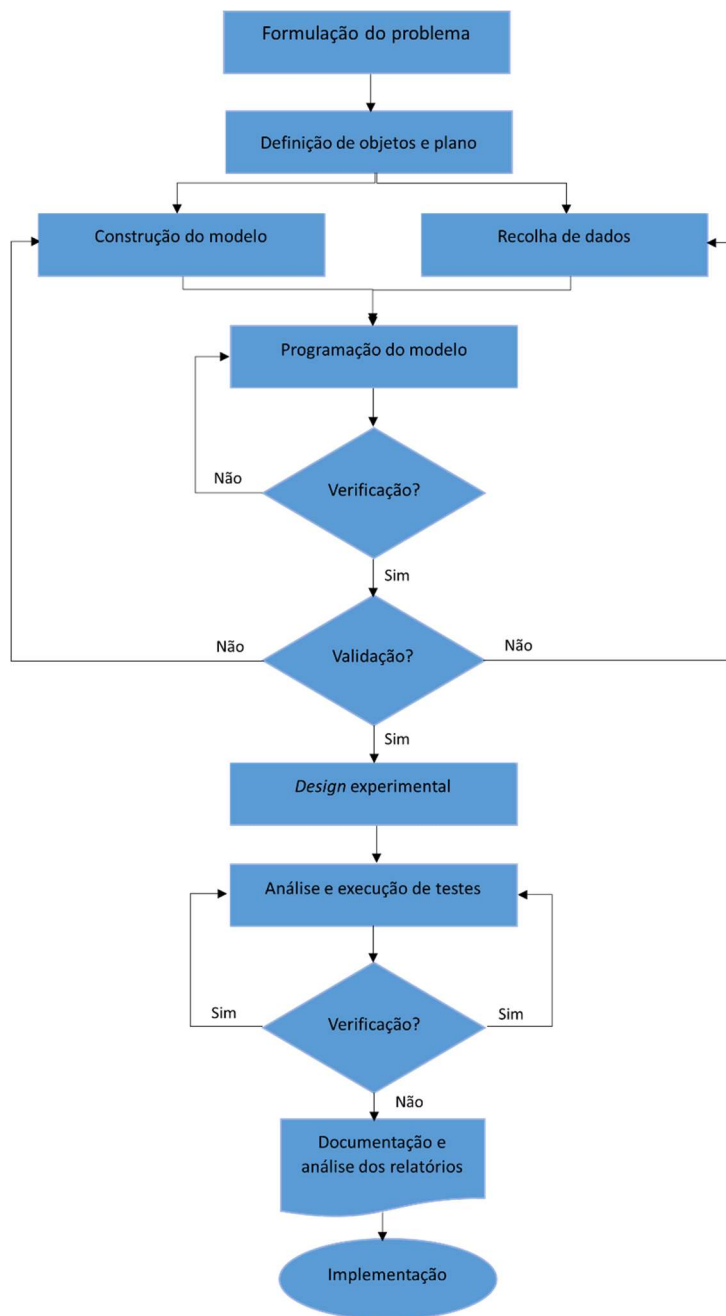


Figura 2.3 - Fases de estudo de um projeto de simulação

Fonte: Adaptado de Banks, (2003)

- **Identificação e formulação do problema:** nesta etapa, são identificadas as variáveis-chave a analisar e as questões a responder, estabelecidos os resultados esperados com a simulação e identificados os vários cenários a serem estudados;
- **Desenho do modelo:** durante esta fase, o objetivo é representar o problema, considerando todos os elementos que representam o sistema real. Inicialmente, constrói-se um modelo mais simples que inclua as características mais relevantes desse sistema, com o objetivo de ir crescendo até atingir a complexidade apropriada. Esta etapa é fundamental em todo o processo de simulação;
- **Recolha de dados:** esta etapa está interligada com as duas fases anteriores. Deve ser realizada uma recolha de dados relativos aos procedimentos operacionais do modelo, nomeadamente especificar parâmetros e distribuições de probabilidade do modelo. Os dados podem ser adquiridos por meio de experiências em laboratório, medições realizadas no sistema real ou com base em dados históricos;
- **Programação do modelo:** o objetivo é transferir o modelo previamente definido para uma ferramenta de simulação, utilizando um computador como apoio;
- **Verificação:** o modelador verifica se o modelo criado na ferramenta de simulação corresponde ao que foi definido no desenho do modelo. O uso de animações na simulação facilita a realização desta etapa de forma mais ágil. É importante que a verificação seja um processo contínuo;
- **Validação:** é verificado se o modelo de simulação criado representa de forma precisa o sistema real. Os resultados da simulação devem ser verificados quanto à sua consistência e razoabilidade. O objetivo é demonstrar ao utilizador que qualquer experiência realizada com o modelo de simulação produzirá resultados semelhantes ao sistema real;
- **Plano de testes:** o objetivo é estabelecer os diferentes cenários a serem avaliados no modelo. Também são determinados o início e duração da simulação, o número de execuções a realizar e as variáveis a serem consideradas nos diferentes cenários;
- **Execução dos testes:** é realizada a execução do modelo conforme o plano de testes descrito na etapa anterior. Os resultados obtidos são gerados e guardados para análise futura. Deve ser sempre avaliada a necessidade da realização de testes adicionais;
- **Análise de resultados:** é feita a análise e comparação dos resultados obtidos com os esperados. Esta etapa é considerada crítica, pois é a mais demorada e fundamental do processo;

- **Documentação:** são criados manuais de utilização e documentação técnica que devem conter uma descrição detalhada do modelo, dos dados e da evolução das etapas de desenvolvimento. Esta fase é de grande importância, pois pode fornecer apoio para projetos futuros;
- **Validação:** O modelador realiza pequenos ajustes ao modelo criado, assegura a sua validação e dá formação ao utilizador. Esta etapa é considerada desafiadora.

2.2.4 Vantagens e limitações da simulação

Os modelos de simulação, como ferramentas de apoio à decisão, têm benefícios, mas também limitações. Em seguida, são mencionadas algumas das suas principais vantagens (Altiok & Melamed, 2007; Biller & Gunes, 2010; Ingalls, 2011; Vincent, 1998):

- Permite a análise de sistemas reais com elementos estocásticos que não conseguem ser representados por modelos matemáticos mais tradicionais;
- As análises provenientes da simulação podem incidir num espectro mais abrangente de medidas de desempenho;
- Os estudos que têm como base a simulação permitem analisar os sistemas reais sem a componente subjetiva da perceção humana;
- Possibilita a comunicação de resultados através da representação gráfica do sistema em estudo. Esta capacidade facilita a demonstração do funcionamento do modelo à gestão de topo e outros intervenientes envolvidos da organização, possibilitando a aplicação de ações de melhoria;
- Permite identificar problemas e *bottlenecks*;
- Permite antecipar problemas reais e reduzir a ineficácia das operações;
- Possibilita a simulação de diversos cenários, permitindo simular diversos procedimentos e lógicas diferentes. Por exemplo, é possível simular a inclusão de novos recursos e novas configurações de *layout*, que podem ser exploradas e comparadas, possibilitando uma análise de sensibilidade. Os cenários desenvolvidos não necessitam de um investimento financeiro que poderia estar condenado ao fracasso;
- Na simulação, o tempo pode ser definido e controlado, pelo que é possível alterar a velocidade dos fenómenos e a duração dos mesmos. É possível simular longos períodos num tempo reduzido;
- A simulação possibilita analisar as variáveis que afetam o sistema, as possíveis interações entre si e o comportamento que as mesmas imprimem na *performance*, sem interrupção do sistema real.

Por outro lado, segundo os mesmos autores, a implementação de um modelo de simulação também revela algumas limitações, entre as quais:

- A construção do modelo de simulação e a obtenção de dados podem demorar mais tempo do que o planeado, podendo ter custos associados. Os bons resultados dependem, sobretudo, da qualidade das variáveis de *input*, pelo que a construção e alimentação dos modelos, por vezes, requer um trabalho criterioso e moroso;
- O modelador precisa de um determinado tempo de experiência para a modelação de sistemas mais complexos, requerendo formação específica;
- A ferramenta fornece soluções ótimas para a resolução do problema, mas apenas possíveis, cabendo aos responsáveis analisar e implementar as propostas de melhoria e resultados do modelo;
- A impossibilidade da representação de alguns sistemas reais pode levar à adoção de pressupostos e simplificações nos modelos;
- Apesar de poderem existir semelhanças entre os modelos desenvolvidos, estes não são completamente reutilizáveis na simulação de outros sistemas, sendo necessário existir um tempo dedicado ao seu desenvolvimento específico;
- A tentativa de representação de sistemas reais pode conduzir à elaboração de modelos extremamente complexos;
- As licenças dos *softwares* de simulação são, em geral, caras.

2.2.5 Ferramentas de simulação - FlexSim

Com o passar dos anos, tem-se constatado que as ferramentas de simulação têm progredido cada vez mais, procurando cada uma delas destacar-se, com o objetivo de reduzir os esforços necessários para desenvolver modelos de simulação (Mujica & Piera, 2011). Os sistemas da Indústria 4.0, que envolvem a integração de máquinas, recursos humanos e transporte de equipamentos, podem ser simulados com alto nível de confiança para obter uma melhor compreensão antes da sua implementação na indústria (Mahmood *et al.*, 2021). Dolgui *et al.* (2022) enfatizam que estudos futuros, com a integração com máquinas, devem concentrar-se em modelos matemáticos e de simulação para avaliar essas configurações e, posteriormente, validar esses modelos em casos de estudo reais.

De acordo com Mahmood *et al.* (2021), há uma carência de estudos em relação à utilização de ferramentas de simulação e visualização em 3D, apesar da disponibilidade de diversos *softwares* especializados em simulação de processos industriais e logísticos.

Neste sentido, e para determinar qual deles seria o mais adequado para a realização da simulação neste estudo, foi consultada uma pesquisa onde foram considerados vários parâmetros de naturezas diferentes (Alves, 2021). A acessibilidade revela-se um fator importante nestas decisões, visto que nem todos os *softwares* disponíveis oferecem versões gratuitas para teste (chamadas "*free-trials*"). Alguns fornecem licenças que permitem explorar os seus recursos e utilizá-los posteriormente. Além disso, outras características específicas são necessárias para este tipo de simulação. Na pesquisa de Alves (2021), foram identificadas características e parâmetros relevantes, o que levou a uma comparação entre alguns dos *softwares* selecionados, enquanto outros não apresentavam informações suficientes para tirar conclusões. Assim, os *softwares* de simulação escolhidos para a comparação foram os seguintes:

- Anylogic;
- FlexSim;
- SIMIO;
- SIMUL8;
- Visual Components (VC).

Ao analisar cada *software* e as informações disponíveis nas respectivas plataformas, foram selecionados alguns parâmetros para realizar uma comparação e determinar qual deles seria mais adequado para a execução da simulação desejada. Utilizando algumas plataformas digitais, foi possível comparar os *softwares* com base nos parâmetros selecionados e os resultados estão apresentados na Tabela 2.1 (Disponível em: <https://www.getapp.com>; 2023).

Tabela 2.1 - Comparação de softwares de simulação

Parâmetros	AnyLogic	FlexSim	SIMIO	SIMUL8	VC
Imagem 3D	X	X	X		X
API	X	X	X	X	X
Biblioteca de conteúdos	X	X	X		
Manipulação direta	X	X	X	X	
Visualização de dados	X	X		X	X
Análise de projeto	X	X	X		X
Modelação dinâmica	X	X	X	X	X
Controlo de processos		X		X	
Dados em tempo real		X		X	
Análise de risco		X	X		
Importar/exportar dados	X	X		X	X
Base de dados de indústria		X	X	X	

Fonte: adaptado de Alves, (2021)

Alguns dos parâmetros apresentados na Tabela 2.1 não exigem uma explicação adicional além da sua denominação, no entanto, outros requerem informações adicionais (Alves, 2021). Dessa forma:

- Imagem 3D: Este parâmetro indica se o *software* exibe a simulação e os seus elementos em imagens tridimensionais, enquanto alguns *softwares* utilizam apenas visualização em 2D;
- API (Interface de Programação de Aplicações): A API funciona como uma plataforma de comunicação dentro do *software*, permitindo o desenvolvimento de rotinas ou funções de programação para a aplicação em questão. Ao realizar certas ações usando elementos visuais, o *software* compreende a sua lógica e executa o que o utilizador pretende simular, de acordo com as propriedades também estabelecidas pelo mesmo. A API simplifica todos os processos relacionados com o utilizador, expondo apenas os objetos, elementos ou ações necessárias. Resumidamente, uma API é um conjunto de códigos de programação que permite a transmissão de dados entre produtos de *software* diferentes, facilitando a troca de informações e o manuseamento por parte do utilizador;
- Biblioteca de Conteúdos: um local ou plataforma que disponibiliza material de aprendizagem, abrangendo desde o uso geral do *software* até detalhes mais específicos. Nessa biblioteca, podem ser encontrados tutoriais, *e-books*, resumos, casos de estudo e exemplos de aplicação, entre outros recursos de suporte ao utilizador;
- Manipulação Direta: é um tipo de interação que envolve a representação contínua e em tempo real do objeto ou elemento em estudo, possibilitando ações rápidas, reversíveis e com a opção

de fazer incrementos. O principal propósito deste parâmetro é permitir a manipulação direta dos objetos ou elementos durante a simulação;

- Visualização de Dados: é a representação gráfica de informações e dados por meio de elementos visuais, como tabelas, gráficos e outras ferramentas de visualização. Esta abordagem facilita a compreensão dos dados, valores obtidos, discrepâncias e tendências ao longo da simulação. Através da visualização, é possível obter uma visão mais clara e intuitiva das informações geradas pelo *software*, tornando o processo de análise e interpretação dos resultados mais eficaz;
- Análise do projeto: é um processo que faz parte da tomada de decisão, no qual são utilizadas ferramentas analíticas que englobam fundamentos matemáticos, estatísticos e de engenharia. Estas ferramentas são aplicadas para analisar o modelo do processo a ser simulado e determinar se pode ser aplicado no contexto real. Por meio desta análise, procura-se compreender a viabilidade e eficácia do projeto, identificando possíveis problemas ou ajustes necessários e avaliando se os resultados simulados refletem de forma precisa a realidade que se pretende simular;
- Modelação dinâmica: permite a alteração de diversas propriedades ao longo da simulação, como a variação do tempo ou a modificação do comportamento de um objeto, elemento ou operador, caso seja necessário. Esta abordagem possibilita que o modelo seja flexível e capaz de refletir diferentes cenários e condições ao longo da simulação, tornando-a mais precisa e adaptável às mudanças que podem ocorrer durante o processo em estudo;
- Controlo de processos: capacidade de monitorizar e ajustar um processo de forma a obter um resultado desejado ou o mais próximo possível do desejado. Esta funcionalidade permite que o utilizador intervenha durante a simulação para fazer correções ou alterações nos parâmetros do processo em tempo real, garantindo assim que o modelo reflita de forma precisa as condições pretendidas ou permitindo realizar ajustes para alcançar os objetivos específicos definidos;
- Dados em tempo real: obtenção e visualização de informações relativas à simulação em curso e aos seus processos em tempo real. Esta funcionalidade possibilita compreender possíveis problemas num processo intermédio e, até mesmo, auxiliar na identificação mais rápida do *bottleneck* (ou limitação) do modelo. Com a obtenção contínua de dados atualizados durante a simulação, os utilizadores podem analisar o desempenho do sistema em tempo real e tomar decisões informadas para otimizar o processo em andamento, garantindo que este funcione da melhor forma possível;
- Análise de risco: oferece a possibilidade de examinar os resultados possíveis e avaliar o impacto de cada um deles, permitindo calcular o risco envolvido. Esta análise é fundamental

para uma tomada de decisão mais consciente, uma vez que permite considerar diferentes cenários e identificar potenciais riscos e incertezas associados ao projeto ou processo em questão. Ao compreender o nível de risco envolvido, os gestores podem tomar decisões mais informadas, adotando medidas de prevenção e mitigação ou estratégias alternativas para lidar com as possíveis adversidades e maximizar os resultados alcançados, como por exemplo a partilha do risco;

- Importar/exportar dados: esta funcionalidade permite a transferência de informações entre a plataforma ou *software* de simulação e outras fontes externas. Com essa capacidade, é possível importar dados de outros sistemas ou fontes para serem utilizados na simulação, bem como exportar os resultados e informações geradas durante o processo de simulação para serem analisados noutras ferramentas ou plataformas. Esta funcionalidade facilita a integração com outros sistemas e possibilita a utilização de dados externos relevantes para a simulação em questão;
- Base de dados de indústria: base de dados de elementos pré-feitos voltados para a simulação de processos industriais. É uma característica importante num *software* de simulação, contendo elementos, objetos e conceitos previamente definidos e desenvolvidos para facilitar a integração de processos industriais na simulação. Com esta funcionalidade, o utilizador pode identificar facilmente os elementos necessários para a simulação e verificar se correspondem ao que ele pretende utilizar.

Após analisar a Tabela 2.1, é possível verificar que o *software* FlexSim é o mais completo para a simulação de um sistema como o que está em estudo nesta dissertação, de acordo com os parâmetros selecionados. Por esse motivo, foi o *software* escolhido para a realização da presente dissertação. Um ponto relevante na escolha do *software* foi a disponibilidade de tutoriais, *webinars* e outros materiais didáticos, que se mostram bastante úteis no desenvolvimento do modelo de simulação. Além disso, a empresa onde é desenvolvido o caso de estudo possui uma licença do FlexSim.

A empresa FlexSim (Figura 2.4) foi fundada em 1993 por Bill Nordgren, Roger Hullinger e Cliff King, originalmente sob o nome F&H Simulations, Inc. Em 1998, desenvolveram o primeiro mecanismo de simulação em 3D orientado a objetos. Em 2000, a empresa proprietária da F&H Simulations, Inc. estava em processo de aquisição e a F&H Simulations, Inc. aproveitou a oportunidade para se tornar independente. Assim, a empresa mudou o seu nome para FlexSim Software Products, Inc. e inaugurou o *software* em fevereiro de 2003. Nos anos seguintes, este *software* tornou-se uma referência na simulação de eventos discretos, devido à ampla gama de ferramentas que cobrem diversas áreas («FlexSim - About Us», 2022); (Cheng *et al.*, 2020; Wong & Yu, 2019).



Figura 2.4 - Logotipo da empresa FlexSim

Fonte: adaptado do Portal do software FlexSim

O FlexSim é amplamente reconhecido como líder na área de simulação 3D. Trata-se de um *software* que combina diversas tecnologias, incluindo processamento de imagem tridimensional por computador, técnicas de simulação, inteligência artificial e manipulação de dados. Esta ferramenta é utilizada para modelar e simular diferentes tipos de sistemas em diversos setores, fornecendo ajustes aos dados originais e construindo um modelo gráfico de operação para realizar simulações e otimizar sistemas (Chen *et al.*, 2013; Zhu *et al.*, 2014).

O FlexSim, por ter uma abordagem completamente inovadora, não se compara à maioria dos simuladores encontrados no mercado. Este programa permite que os utilizadores desenvolvam novos programas de simulação, incluindo interfaces gráficas exclusivas para o utilizador. Para além disso, o *software* inclui diversas bibliotecas com objetos físicos que representam elementos comuns em processos industriais e logísticos. Estes objetos incluem, por exemplo, processadores, operadores, transportadores, empilhadores, prateleiras e muitos outros componentes essenciais para a simulação de sistemas complexos. A presença dessas bibliotecas facilita significativamente o processo de modelação e permite que os utilizadores criem representações realistas dos seus sistemas, tornando a simulação mais precisa e eficiente. A estrutura deste *software* tem a capacidade de se integrar ao Microsoft Excel, permitindo ao usuário substituir mais facilmente dados de entrada e saída no simulador (Chen *et al.*, 2013; Nordgren, 2003).

Muitas ferramentas de simulação adotam abordagens centradas em processos, onde os fluxos de materiais geram procura nos recursos. Nesse tipo de abordagem, os recursos são limitados a realizar apenas tarefas relacionadas ao fluxo de materiais. No entanto, existem ferramentas de simulação, como o FlexSim, que adotam uma abordagem focada em tarefas, onde existem entidades, como operadores, que executam e criam uma série de tarefas independentes das entidades do fluxo de materiais. Essas tarefas, geralmente, envolvem aquisição de ferramentas e deslocamentos. Esta abordagem permite que os recursos decidam quais e quando devem ser realizadas determinadas tarefas (Pawlewski, 2019).

Para criar um modelo no FlexSim, seguem-se cinco etapas fundamentais. Para começar o processo de simulação, é essencial desenvolver um *layout* do sistema que se pretende modelar. Em seguida, procede-se à conexão dos diferentes objetos presentes no *layout*, estabelecendo as relações

necessárias entre eles. O terceiro passo consiste em especificar as características e propriedades dos objetos, definindo os parâmetros relevantes para a simulação. Com tudo configurado, executa-se o modelo, dando início à simulação propriamente dita. Por fim, após a simulação estar concluída, é fundamental analisar as saídas geradas, interpretar os resultados e tirar conclusões relevantes a partir dos dados obtidos. Seguindo estes cinco passos, é possível realizar simulações eficazes e obter informações valiosas sobre o sistema em questão.

Para criar o *layout* do modelo, é necessário selecionar os objetos disponíveis na biblioteca e arrastá-los para a janela do projeto. Na janela de *layout* 3D, o utilizador tem a possibilidade de girar o objeto nos diferentes eixos. Esse processo é repetido até que o modelo esteja concluído, com todos os objetos necessários para a simulação. Automaticamente, o FlexSim realiza a conexão dos mesmos, na ordem em que foram colocados no *layout*. Os objetos podem ter uma ou várias entradas, saídas e portas centrais e são interligados para visualizar todas as rotas possíveis do modelo. Ao selecionar o objeto com dois cliques do rato, é possível obter informações detalhadas, como tempos de ciclo, capacidades, velocidades, tempos de inatividade, estatísticas e opções gráficas que são relevantes para os resultados do modelo. Com este programa, o utilizador tem a capacidade de simular o modelo em diferentes cenários, guardar e comparar os dados gerados em cada execução. O FlexSim oferece aos utilizadores a capacidade de definir condições, variáveis e restrições que desejam testar. Além disso, é possível especificar o número de vezes que cada condição deve ser executada, bem como a duração de cada execução. Essa flexibilidade permite realizar simulações detalhadas e abrangentes, explorando diferentes cenários e ajustando parâmetros conforme necessário. Desta forma, os utilizadores podem obter uma visão aprofundada do comportamento do sistema sob diversas circunstâncias, contribuindo para a tomada de decisões mais informadas e estratégicas. Os resultados da simulação podem ser visualizados em animação 2D, 3D ou até mesmo em realidade virtual, enquanto o modelo está em execução. O FlexSim disponibiliza relatórios e gráficos pré-definidos ou personalizados pelo utilizador, permitindo verificar os resultados do modelo. Para além disto, contém uma ferramenta de fluxograma denominada "*Process Flow*" que permite a criação do modelo com base em diagramas de blocos. Os utilizadores com mais experiência têm a oportunidade de parametrizar o modelo por via da programação em C++ ou em Flexscript. À semelhança de outros *softwares* de simulação, possui uma ferramenta denominada "*ExpertFit*" que consegue, através da análise de dados, determinar qual a melhor função de distribuição de probabilidade que representa os dados recolhidos (Nordgren, 2003; Zhu *et al.*, 2014; Palma, 2023).

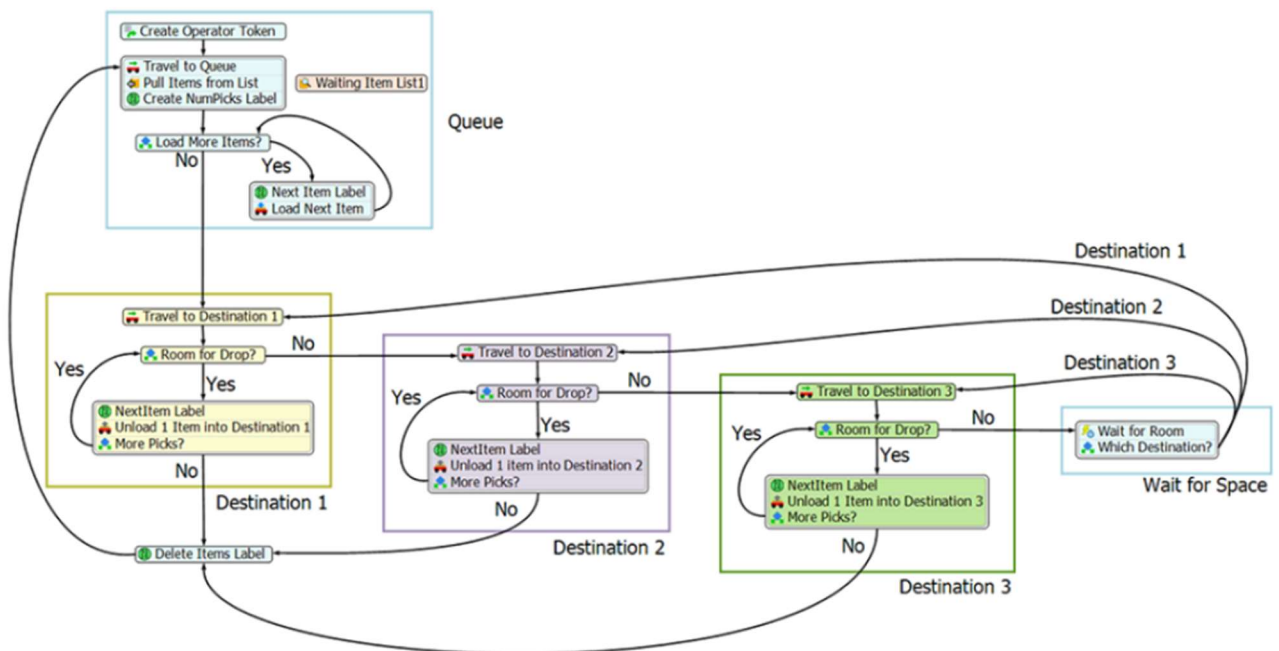


Figura 2.5 - Process Flow FlexSim

Fonte: adaptado do Portal do software FlexSim

O FlexSim tem sido amplamente utilizado no setor industrial em várias aplicações, incluindo análise de operações de armazéns, simulação de linhas de produção, sistemas de transporte de materiais com veículos autónomos, otimização de centros de distribuição e simulação de terminais de transporte. Este *software* não é apenas utilizado para resolver problemas em ambientes industriais, mas também tem sido aplicado para fins educacionais (Wong & Yu, 2019).

Wong & Yu (2019) realizaram uma simulação do laboratório de logística da Beijing Normal University, na China. Os resultados dessa simulação permitiram aos autores concluir que o FlexSim é um *software* de simulação capaz de modelar sistemas reais de logística. A modelação do sistema possibilitou testar o seu desempenho em condições extremas e prever o seu desempenho real, o que seria difícil em situações reais. Além disso, observaram que a simulação é uma técnica eficaz para a redução de custos e obtenção de soluções otimizadas.

Já Cheng *et al.* (2020) tiveram o objetivo de analisar o processo de forja numa linha de produção de uma empresa, visando minimizar o tempo de conclusão de todas as peças e melhorar a taxa de utilização dos equipamentos. O FlexSim foi selecionado como o *software* para modelar a linha de produção, possibilitando a identificação dos pontos de estrangulamento presentes no sistema. Os autores conseguiram otimizar esse processo, melhorar a taxa de utilização dos equipamentos, reduzir o ciclo de produção, os custos logísticos e o tempo ocioso de cada processo.

2.3 Indicadores de Produção

Numa explicação mais sucinta, os processos são sequências de atividades conectadas entre si, com entradas e saídas claramente definidas e com resultados mensuráveis que representam, ou devem representar, valor adicionado para o cliente final. A identificação de um processo só é significativa se o conjunto de atividades a ele associado puder ser gerido de forma autónoma, o que significa que é possível estabelecer objetivos claros e definir indicadores úteis para monitorizar e gerir esses processos (Bourne, 2004; Lucinda, 2010; Pires, 2007).

As empresas, geralmente, desenvolvem e utilizam indicadores de produção para alcançar as metas estabelecidas. Neste sentido, existem certos indicadores de desempenho relacionados com a produção em geral que auxiliam os gestores a avaliar adequadamente o desempenho do sistema. De seguida, são apresentados de forma resumida alguns dos principais indicadores de desempenho (Chen & Christy, 1998; Dinis-Carvalho *et al.*, 2014; Little, 1961):

- **Takt time:** informa-nos com que frequência, em média, o mercado solicita uma unidade de produto durante o período de produção. O *takt time* está relacionado com o ritmo da procura e serve como referência para estabelecer o ritmo de produção. Desta forma, o *takt time* pode ser calculado da seguinte maneira (Tt - *Takt time*, Tdp - tempo disponível para produção e Qr - quantidade requerida):

$$Tt = \frac{Tdp}{Qr} \quad (2.3.1)$$

- **Tempo de ciclo:** informa-nos com que frequência a unidade produtiva é capaz de produzir uma unidade de produto. O tempo de ciclo é uma medida que representa a capacidade da unidade produtiva responsável pela fabricação do produto ou família de produtos em questão;
- **Work In Process (WIP):** refere-se a todos os itens que foram adquiridos e nos quais já foram realizadas operações de valor agregado. Desta forma, apenas os produtos em processo de fabricação são considerados WIP;
- **Tempo de atravessamento:** refere-se ao tempo médio que um produto leva para atravessar ou percorrer todo o sistema. Pode ser determinado utilizando a Lei de Little (Ta - "Tempo de atravessamento", WIP - Trabalho em Processo e Tt - Tempo Takt):

$$Ta = WIP \times Tt \quad (2.3.2)$$

- **Taxa de produção:** refere-se à velocidade de processamento de itens numa unidade produtiva. Pode ser calculada usando a seguinte equação (TXp - taxa de produção e Te - Tempo de processamento da estação):

$$TXp = \frac{1}{Te} \quad (2.3.3)$$

- **Tempo de processamento da estação:** é o tempo médio esperado entre a produção de duas unidades consecutivas por uma determinada estação. O tempo de processamento da estação é o inverso da taxa de produção. Noutras palavras, é o tempo necessário para completar o processamento de uma única unidade na estação;

- **Produtividade:** mede a eficiência com que os recursos de produção são utilizados na criação de valor, ou seja, avalia a relação entre os resultados obtidos e a quantidade de recursos necessários. A produtividade pode ser estimada, para um determinado cenário futuro, usando a seguinte equação (Pr (e) - produtividade esperada, Qr - quantidade requerida, Nop - número de operários e Tdp - tempo disponível para produção):

$$Pr(e) = \frac{Qr}{Nop \times Tdp} \quad (2.3.4)$$

- **Rácio de valor acrescentado:** mede a relação entre o tempo gasto em operações que adicionam valor a um produto e o tempo total que o produto leva para atravessar todo o sistema. O rácio de valor acrescentado pode ser calculado da seguinte forma (Rva - rácio de valor acrescentado, Te - tempo de processamento da estação, WIP - *Work In Process* e Tt - *Takt time*):

$$Rva = \frac{Te}{WIP \times Tt} \quad (2.3.5)$$

- **Eficiência da estação de trabalho:** mede a percentagem de tempo disponível na estação de trabalho que é efetivamente utilizado para adicionar valor. A eficiência da estação de trabalho é determinada da seguinte maneira (Eet (e) - eficiência esperada da estação de trabalho, Te - tempo de processamento da estação e Tt - *Takt time*):

$$Eet(e) = \frac{Te}{Tt} \quad (2.3.6)$$

2.4 Critérios de decisão de investimento

Um dos maiores objetivos de qualquer estudo ou projeto é avaliar o investimento, para determinar se este é viável ou se apresenta um risco muito elevado que não se justifique prosseguir (Cebola, 2005).

Esta avaliação, normalmente, é realizada com base em princípios financeiros e económicos, onde são projetados valores que permitem determinar se o investimento é considerado um empreendimento positivo ou negativo (Marques, 2014).

Um dos objetivos desta análise é também prever a viabilidade do negócio a médio e longo prazo. Nesse sentido, é desejável que os gestores do projeto sejam capazes de tomar decisões informadas, considerando as oportunidades de mercado do produto e o ambiente competitivo, a fim de preparar uma estratégia adequada para o futuro do negócio. Através dessas medidas de análise, espera-se obter uma justificação sólida para a decisão de prosseguir, ou não, com o projeto, levando em consideração os desafios esperados e a forma mais eficaz de os superar (Koller *et al.*, 2005).

De acordo com Damodaran (2014), a principal preocupação de um investidor ao tomar uma decisão é ter a garantia de que o empreendimento será capaz de criar valor num período considerado razoável, levando em consideração a interpretação desse valor.

Os critérios de decisão desempenham um papel essencial na avaliação de um investimento, pois é por meio desses critérios que se avalia a viabilidade do mesmo. De acordo com Damodaran (2014), existem várias características que constituem um bom critério de decisão, incluindo:

- Compreender a necessidade de alcançar um equilíbrio entre a avaliação subjetiva por parte do analista do projeto e garantir que todos os projetos sejam analisados de forma consistente. Por outras palavras, é importante estabelecer parâmetros equitativos para a avaliação de todos os investimentos, evitando que algumas avaliações sejam realizadas com critérios rigorosos, enquanto outras são avaliadas com critérios mais flexíveis. Isso evita disparidades e assegura que o critério de decisão seja adequado e justo para todos os projetos;
- Compreender a importância de maximizar o valor da empresa por meio do valor adicionado pelo projeto em análise, levando em consideração todos os fluxos de caixa e o valor do dinheiro ao longo do tempo;
- Criar oportunidades para que o responsável possa comparar os diferentes projetos em análise;
- Adaptar os critérios de decisão de acordo com o nível de risco envolvido.

2.4.1 Valor Atual Líquido - VAL

Todos os projetos de investimento têm um objetivo comum: criar valor para os acionistas, o que implica identificar um investimento que seja mais valioso aos olhos do mercado em comparação com o seu custo de aquisição. Essa diferença entre o valor de mercado do investimento e o seu custo é conhecida como Valor Atual Líquido (VAL) ou também chamado de Valor Presente Líquido. Por outras palavras, o VAL é uma medida do valor criado no presente por um investimento futuro e que gera valor para os acionistas. Esse valor é obtido subtraindo-se o valor do investimento inicial à soma de todos os fluxos de caixa atualizados, ou seja, o Valor Atual (VA) (Brealey & Meyers, 1998; Ross *et al.*, 2013).

O Valor Atual Líquido (VAL) é amplamente reconhecido como o melhor critério de decisão devido à sua relação direta com o crescimento do valor da empresa. É o critério ao qual se recorre quando surgem dúvidas relacionadas a outros métodos, uma vez que o VAL reúne a maioria dos requisitos necessários: considera todos os fluxos de caixa associados ao projeto, tem em conta o valor do dinheiro ao longo do tempo, ajusta-se ao nível de risco do projeto e permite uma classificação adequada de projetos mutuamente exclusivos. Portanto, o VAL é considerado uma medida abrangente e confiável para avaliar a viabilidade e o potencial de criação de valor de um investimento.

O VAL é determinado, através da seguinte fórmula:

$$VAL = Investimento \times \sum_{n=1}^n CF_n \times \left(\frac{1}{1+i}\right)^n \quad (2.4.1)$$

em que,

Investimento, representa o fluxo de caixa no período 0;

i é a taxa de atualização;

CF_n representa o fluxo de caixa no período n ;

e n o número de períodos.

O fluxo de caixa no momento inicial (também conhecido como momento 0) geralmente apresenta um valor negativo, uma vez que se trata de um investimento inicial. Após o cálculo do Valor Atual Líquido (VAL), é importante analisar o valor obtido para tomar decisões. O foco principal está na avaliação do VAL para determinar se é inferior, superior ou igual a 0. Quando o VAL é inferior a 0, conclui-se que o projeto não satisfaz o objetivo de criar valor para a empresa, sendo recomendada a sua rejeição. Quando o VAL é igual a 0, significa que as receitas e os custos do projeto são equivalentes, indicando a ausência de maximização do valor da empresa. Nesse caso, o projeto também deve ser rejeitado. Por fim, quando o VAL é superior a 0, entende-se que o projeto maximiza o valor da empresa e gera

riqueza para os acionistas, sendo recomendada a sua aprovação. Nos casos em que o VAL é superior a 0, é necessário ter em consideração o montante investido inicialmente e o lucro estimado, pois podem existir casos em que, apesar do VAL ser superior a 0, o lucro estimado não justifique o investimento realizado. Deve-se também ter em atenção que este indicador não fornece informações sobre quanto tempo levará para que os fluxos de caixa igualem ou superem o investimento inicial, o que por si implica que este indicador também não é aconselhado na comparação de projetos com horizontes temporais distintos. Assim, apesar das vantagens deste indicador, é aconselhável que não seja o único indicador a suportar a tomada de decisão, mas seja analisado juntamente com outros indicadores.

2.4.2 Taxa Interna de Rentabilidade - TIR

A Taxa Interna de Rentabilidade (TIR) é um método alternativo ao Valor Atual Líquido (VAL) para avaliar um investimento. A TIR representa a taxa de retorno que iguala o valor presente dos fluxos de caixa futuros ao investimento inicial. É por meio da TIR que é encontrada uma única taxa de retorno que resume os méritos do negócio em análise. A TIR é a taxa de desconto que torna o valor atual líquido dos fluxos de caixa futuros igual ao investimento inicial (Chandra, 2006; Ross *et al.*, 2013).

De acordo com a regra da TIR, um investimento deve ser aceite se o valor da TIR for maior do que a taxa de retorno exigida ou o Custo de Capital (Ross *et al.*, 2013). A TIR pode ser calculada utilizando a seguinte fórmula:

$$TIR = Investimento \times \sum_{n=1}^n CF_n \times \left(\frac{1}{1+i}\right)^n = 0 \quad (2.4.2)$$

A TIR apresenta algumas vantagens, tais como a preferência dos executivos devido à sua intuitividade e facilidade de comunicação do valor do projeto. Além disso, se for suficientemente alta, não é necessário calcular a taxa de custo de capital. A TIR considera todos os fluxos de caixa do projeto e tem em conta o valor do dinheiro no tempo. No entanto, também existem algumas desvantagens que afetam o método de decisão. Por exemplo, em projetos não convencionais ou projetos mutuamente exclusivos, a TIR pode levar a múltiplas respostas. Além disso, o pressuposto de reinvestimento dos valores gerados pelo projeto à mesma taxa de TIR nem sempre é cumprido na prática.

Para tomar uma decisão, é necessário comparar o valor da TIR com a taxa de atualização.

- Se a TIR for maior que a taxa de atualização, o projeto deve ser aceite. Isso significa que, quando a TIR de um projeto é superior à taxa de atualização ($TIR > i$), o retorno exigido é menor do que o retorno proporcionado pelo projeto, portanto, o investimento deve ser aceite.
- Por outro lado, quando a TIR é menor que a taxa de atualização ($TIR < i$), o projeto deve ser rejeitado, pois o retorno exigido é maior do que o valor que o projeto é capaz de gerar. Nesse

caso, o Valor Atual Líquido (VAL) é inferior a zero. O critério de classificação da TIR seleciona o projeto de investimento que apresenta o maior valor para a TIR.

2.4.3 Período de Recuperação do Capital Investido - PRC

O período de recuperação do capital investido (PRC) refere-se ao tempo necessário para que um investimento recupere o seu custo inicial através dos fluxos de caixa gerados (Ross *et al.*, 2013). De acordo com a regra do PRC, um investimento só deve ser considerado aceitável se o período de *payback* calculado for inferior a um determinado número de anos. Para calcular o PRC, é necessário estimar os fluxos de caixa gerados pelo investimento e subtrair esses valores do montante investido até que o investimento seja totalmente recuperado. Portanto, este método tem a vantagem da simplicidade e facilidade de compreensão.

O método do PRC, geralmente, é usado em conjunto com outros métodos de decisão ou como critério de desempate entre projetos com valor atual líquido favorável, pois, segundo Damodaran (2014), enfatiza a liquidez.

No entanto, o PRC possui limitações, como não considerar o valor do dinheiro ao longo do tempo, ignorar os fluxos de caixa além do período de recuperação e exigir a definição de um período de *payback* padrão (sendo arbitrária a seleção do período considerado aceitável para recuperar o valor investido).

Para contornar a questão do valor do dinheiro ao longo do tempo, é comum utilizar o *payback* atualizado, que tem em consideração os fluxos de caixa atualizados. Este *payback* parte do pressuposto que o projeto deve ser aceite se o investimento inicial for recuperado dentro da vida útil prevista. Além da vantagem de considerar o valor do dinheiro ao longo do tempo, o *payback* atualizado é fácil de compreender e também enfatiza a liquidez. No entanto, apresenta as mesmas desvantagens do *payback* simples, como o prazo de retorno de investimento arbitrário, ignorar os fluxos de caixa além da data estipulada, tendência a rejeitar investimentos com valor atual líquido positivo e não ser adequado para avaliar projetos de longo prazo, como é o caso de negócios novos (Ross *et al.*, 2013). Devido à consideração do valor do dinheiro ao longo do tempo, o cálculo do *payback* atualizado é mais adequado.

3. Caso de Estudo

No presente capítulo é apresentado o caso de estudo, procedendo-se a uma mera descrição e enquadramento do negócio, fluxo operacional da empresa onde se insere e do problema em questão. Este enquadramento permite a compreensão do âmbito do caso de estudo e, também, proceder à análise de melhoria desenvolvida.

3.1 Introdução – Enquadramento

Ao longo dos últimos anos, tem-se verificado um aumento da exigência dos consumidores e da pressão competitiva nos mercados atuais. Esta tendência, observada também nas cadeias do setor da distribuição, tem conduzido as empresas a apostar na otimização dos fluxos dos seus processos e operações, de forma a garantir o nível de serviço exigido pelos clientes.

O presente caso de estudo insere-se numa empresa do setor da distribuição. Esta empresa é uma das distribuidoras de encomendas presentes em Portugal e é responsável pela distribuição de milhares de encomendas por dia. Face à atualidade do mercado, tem revelado cada vez mais consciência acerca da importância de inovar e tornar os seus processos mais eficientes para a obtenção de resultados que assegurem a competitividade e, conseqüentemente, um crescimento sustentado do negócio.

A rede operacional de distribuição de encomendas da empresa abrange todo o país e o seu fluxo divide-se em duas fases, compreendidas na Figura 3.1:

- **Concentração** - Fase de recolha, armazenamento e transporte das encomendas até à entrada nos nós principais da rede;
- **Dispersão** - Fase posterior ao tratamento das encomendas (processo de divisão, numa linha de produção manual ou mecânica, que segue determinados critérios) nos nós principais da rede, que compreende o transporte e a expedição até aos destinatários.

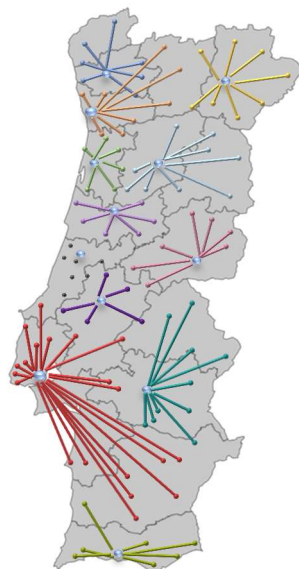


Figura 3.1 – Esquema rede operacional de distribuição de encomendas

Fonte: Elaboração própria

O transporte entre os vários nós operacionais é assegurado através de dois tipos de redes:

- **Rede Interna** - Através de viaturas pertencentes à empresa;
- **Rede Subcontratada** – Através de viaturas subcontratadas.

A rede é constituída pelos seguintes tipos de infraestruturas operacionais:

- **Pontos de Recolha** – locais acordados com os clientes, onde estes podem depositar as suas encomendas, de modo a ser realizada a recolha desses objetos, por parte da distribuidora. Estes pontos de recolha não são, necessariamente, infraestruturas da empresa, em alguns casos podem ser instalações de clientes. O ato da recolha e aceitação dos objetos marcam a entrada das encomendas na rede operacional;
- **Centros de distribuição (CD)** – locais de armazenamento, *crossdocking* e distribuição das encomendas. Situam-se em vários pontos do país e são o tipo de infraestruturas operacionais mais abundante. As suas funções são distintas consoante a fase do fluxo da rede:
 - **Fase de concentração:** têm como principal função agregar e armazenar todas as recolhas feitas aos clientes, na sua zona de influência, de modo que possa ser realizado o *crossdocking* destas encomendas e o seu respetivo transporte para os nós imediatamente a jusante na rede;

- **Fase de dispersão:** têm a função de agregar, armazenar os objetos tratados nos nós operacionais a montante e realizar uma última divisão (manual) dos mesmos por rota de distribuição na zona de influência do CD, caso esta divisão não consiga ser garantida pelos Centros Secundários de Tratamento (CST), por não terem uma linha de produção automatizada. É dos CD que saem as viaturas responsáveis pela distribuição *last mile*.
- **Centros Secundários de Tratamento (CST)** – locais de armazenamento, *crossdocking* e tratamento das encomendas. Existem 15 centros deste tipo dispersos pelo país, que agregam todos os objetos dos CD do distrito correspondente. O tratamento realizado neste tipo de centros está condicionado pela existência de linhas de produção automatizadas e da janela horária disponível. As linhas de produção automatizadas são compostas por máquinas denominadas *mini-sorters*, que conseguem tratar em média até cerca de 5000 encomendas por hora. Muitos CST não têm o espaço necessário, nem condições ao nível da sua infraestrutura, para a ocupação deste tipo de máquinas. Além disso, o investimento neste tipo de equipamentos, por vezes, não é justificado pela quantidade de tráfego existente. As funções destes centros são distintas consoante a fase do fluxo da rede:
 - **Fase de concentração:** Nos CST que possuem máquinas, são realizados dois tipos de divisões: **divisão a nível nacional**, ou seja, os objetos são divididos com base no primeiro algarismo do seu código-postal, com destino aos respetivos CST para posteriormente serem transportados para os Centros Principais de Tratamento (CPT). Consoante o primeiro algarismo dos objetos ser da região norte ou sul, assim serão transportados para o CPT correspondente; **divisão a nível regional**, ou seja, os objetos que na divisão nacional se destinam ao próprio CST, passam novamente pelo *mini-sorter*, para serem divididos pelos CD da zona de influência desse CST, segundo os primeiros quatro algarismos dos seus códigos-postais.

Nos CST que não possuem *mini-sorters*, existem linhas de produção manual que tentam assegurar a **divisão a nível nacional** do maior número possível de encomendas, dentro da janela horária estabelecida. Todos os objetos que não conseguem ser tratados na linha de produção manual são apenas divididos pela região sul ou norte e encaminhados para os respetivos CPT, para futuro tratamento. Posteriormente à divisão nacional é realizada a **divisão a nível regional**, ou seja, os objetos que na divisão nacional se destinam ao próprio CST, passam novamente pelo *mini-sorter*, para serem divididos pelos CD da zona de influência desse CST, segundo os primeiros quatro algarismos dos seus códigos-postais;

- **Fase de dispersão:** nos CST que possuam uma linha de produção automatizada, é realizada uma última divisão aos objetos por rota de entrega na zona de influência do CD, numa janela horária estabelecida. No caso dos CST que possuam apenas linhas de produção manuais, as encomendas são apenas encaminhadas para os respetivos CD.
- **Centros Principais de Tratamento (CPT)** - locais de armazenamento e, principalmente, de tratamento das encomendas. Existem apenas dois centros deste tipo no país, um para a região norte e outro para a região sul. Agregam os objetos vindos dos CST. Cada CPT possui uma linha de produção automatizada com uma grande máquina denominada *sorter*, que realiza dois tipos de divisões:
 - **Divisão nacional:** é realizada uma primeira divisão a todos os objetos com origem em CST que não possuem linhas de produção automatizada. Os objetos são divididos com base no primeiro algarismo do seu código-postal, com destino aos respetivos CST;
 - **Divisão regional:** uma segunda divisão, em que os pacotes já divididos para os respetivos CST são agora divididos pelos 4 algarismos iniciais do seu código-postal, ou seja, com destino ao CD respetivo. Posteriormente à divisão regional, os objetos são encaminhados para os devidos CST, iniciando a fase de dispersão na rede.

O esquema presente na Figura 3.2 **Error! Reference source not found.** pretende resumir o fluxo da rede operacional:

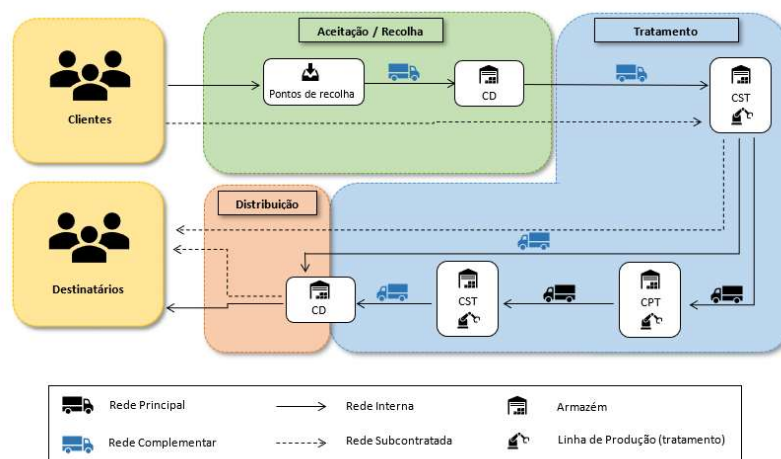


Figura 3.2 - Esquema da Rede Operacional

Fonte: Elaboração própria

3.2 Apresentação do Problema – Objetivos

Motivada pelo aumento de tráfego nos últimos anos e particularmente nos últimos tempos devido à pandemia, a direção e o departamento de operações da empresa veem a necessidade de realizar um estudo e preparar um modelo que possa redimensionar a capacidade das linhas de divisão manuais nos CST que não têm a capacidade de possuir *mini-sorters*. Este estudo tem como principais objetivos:

- Encontrar uma solução, por via da simulação, que otimize o processo atual, aumentando a produção das linhas manuais, de forma a responder às necessidades de divisão de tráfego em cada CST na fase de concentração e dispersão;
- Reduzir ou mesmo eliminar a divisão nacional realizada nos CPT, libertando máquinas e recursos mais atempadamente para a realização de outro tipo de divisão;
- Reduzir ou mesmo eliminar a divisão por rotas de distribuição em todos os CD, libertando os recursos neste tipo de centro mais atempadamente, dando-lhes a possibilidade de se concentrarem apenas na distribuição *last mile*.

Com este projeto, a empresa espera conseguir uma poupança significativa nos custos e dar uma resposta mais adequada ao crescimento do negócio. Devido à extensão deste estudo, no presente documento é apenas apresentado o desenvolvimento e aplicação do modelo para um CST. Assim, de forma a iniciar e planear o cumprimento destes objetivos, escolheu-se um CST específico para estudo, de modo a realizar o levantamento de todo o processo *As-Is*, identificação de melhorias e de novas soluções. Para a realização do estudo e redimensionamento recorreu-se à simulação, em específico ao *software FlexSim*, que permite uma simulação 3D dos processos.

Elaborou-se o seguinte plano de ações para a 1ª fase do projeto:

Tabela 3.1 - Plano de ações (1ª fase projeto)

Caracterização do Processo AS-IS (CST)	
1	Levantamento da planta e <i>layout</i> atual
2	Levantamento do fluxo operacional: tarefas, variáveis, equipamentos e recursos necessários
3	Aferição dos coeficientes de produtividade das tarefas
4	Simulação do processo <i>As-Is</i> no <i>software FlexSim</i>
5	Análise de resultados: Análise de KPI e identificação de problemas e desperdícios

Fonte: Elaboração Própria

3.3 Caracterização do Processo As-Is (CST)

Para o levantamento do Processo As-Is foram realizadas várias visitas operacionais ao CST, de modo a aferir todas as informações necessárias para o estudo.

3.3.1 Levantamento da Planta e Layout Atual

A **Figura 3.3** ilustra a planta do centro. O CST possui uma área total de 2125 m², dos quais 1863 m² são área operacional útil e 300 m² estão alocados à linha de divisão manual existente.

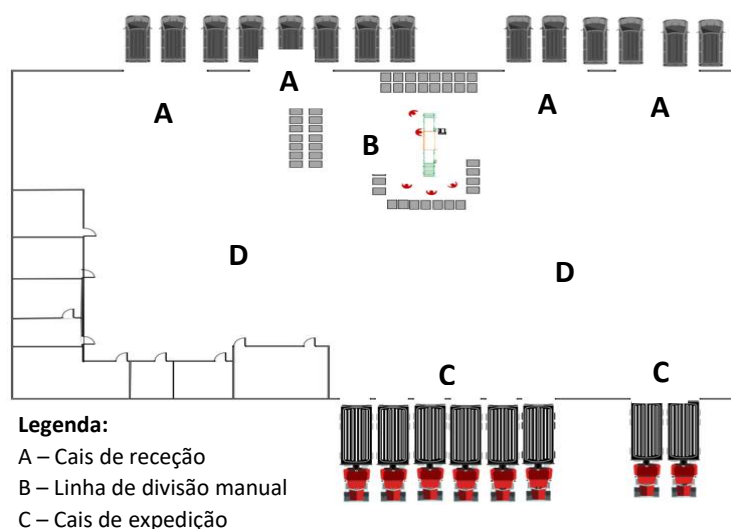


Figura 3.3 - Levantamento do Fluxo Operacional

Fonte: Elaboração própria

3.3.2 Levantamento do Fluxo Operacional

Foi feito o levantamento do processo existente na linha de divisão manual, incluindo todas as tarefas e recursos envolvidos. É importante referir que na fase de concentração, aquando da divisão a nível nacional, é necessária a pesagem de todos os objetos que chegam aos CST para efeitos de faturação. Na divisão a nível regional e na fase de dispersão não existe a necessidade de os objetos passarem novamente pelo processo de pesagem.

As encomendas chegam ao CST nas ligações de concentração. À chegada, os objetos são transportados para a zona de *stock* de entrada, para depois serem encaminhados para a linha de divisão manual e, posteriormente, para a zona de cais de expedição. O tráfego vai sendo enviado para a linha de divisão manual, durante a janela horária estipulada, à medida que a linha vai tendo capacidade de divisão. Todo o tráfego que não consegue passar pela linha é apenas dividido entre os dois CPT (regiões norte e sul) e, posteriormente, é transportado para a zona de cais de expedição.

Fluxo Operacional – Divisão Nacional – Fase Concentração

As tarefas inerentes ao processo da linha manual, na divisão nacional, são as seguintes:

- **Transmissão dos objetos para alimentação do tapete de divisão** – o operador retira cada objeto da palete e coloca-os no tapete;
- **Leitura do código de barras (CB) do objeto (no tapete antes da pesagem)** – o operador pistola o CB, de modo a associar o peso do objeto à sua instância no sistema, aquando da pesagem;
- **Pesagem do objeto** – após a picagem do CB, o mesmo operador introduz o objeto numa balança dinâmica que procede à pesagem do mesmo;
- **Divisão dos objetos** – o operador retira o objeto do tapete, lê o respetivo código postal e, mentalmente, associa o código ao contentor de destino, colocando-o no mesmo;

A este processo estão afetos 6 recursos:

- 1 operador na tarefa de transmissão dos objetos para a alimentação do tapete de divisão;
- 1 operador na leitura do CB e na pesagem do objeto;
- 4 operadores na divisão dos objetos para contentores.

A janela horária de funcionamento desta operação é das 17:30h (hora de chegada da primeira ligação de transporte de objetos ao CST) até às 21:30h (hora de saída da primeira ligação de transporte da rede principal para os CPT).

Fluxo Operacional – Divisão Regional – Fase Concentração

As tarefas inerentes ao processo da linha manual, na divisão regional, são as seguintes:

- **Transmissão dos objetos para alimentação do tapete de divisão** – o operador retira cada objeto do contentor e coloca-os no tapete;
- **Divisão dos objetos** – o operador retira o objeto do tapete, lê o respetivo código postal e, mentalmente, associa o código ao contentor de destino, colocando-o no mesmo.

A este processo estão afetos 5 recursos:

- 1 operador na tarefa de transmissão dos objetos para a alimentação do tapete de divisão;
- 4 operadores na divisão dos objetos para contentores.

A janela horária de funcionamento desta operação é das 21:30h (hora de fim da divisão nacional) até às 23:30h (hora de fim de turno).

Fluxo Operacional – Divisão por Rotas de Distribuição – Fase Dispersão

Neste CST, como não existe um processo automatizado, o serviço faz apenas *crossdocking* para ser transportado para os CD, não sendo realizada a divisão dos objetos por rotas de distribuição.

Equipamentos

Foi feito o levantamento de todos os equipamentos envolvidos no processo da linha de divisão manual.

Os objetos são transportados para o CST em europaletes, cujas dimensões da base são 0,8 x 1,2 m e cujo conversor da capacidade média de cada palete é de 60 objetos/paleta (Figura 3.4).



Figura 3.4 - Europaleta

Fonte: Elaboração própria

A linha de divisão manual é constituída pelos seguintes elementos, conforme esquematizado na Figura 3.5.

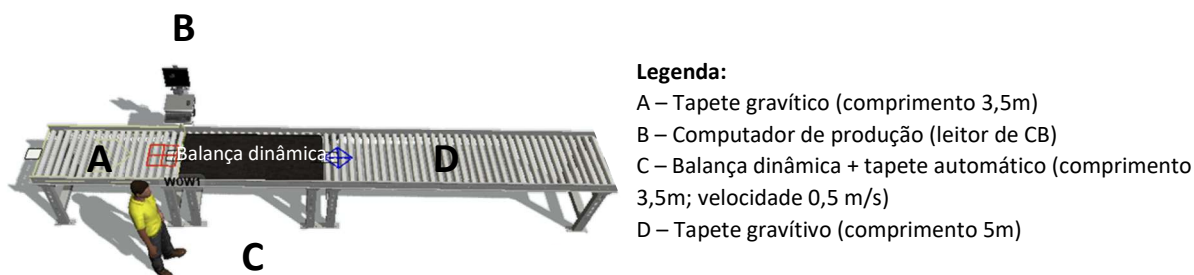


Figura 3.5 - Solução tecnológica de tapetes atual

Fonte: Elaboração própria

Os objetos são transportados para os CPT em contentores de 1 m³, cujas dimensões da base são 0,8 x 1,2 m e cujo conversor da capacidade média de cada contentor é de 180 objetos/contentor (Figura 3.6).



Figura 3.6 - Contentor

Fonte: Elaboração própria

Diagrama de carga de ligações

Foi feito o levantamento do diagrama de carga de ligações nas fases de concentração (Figura 3.7) e dispersão (Figura 3.8).

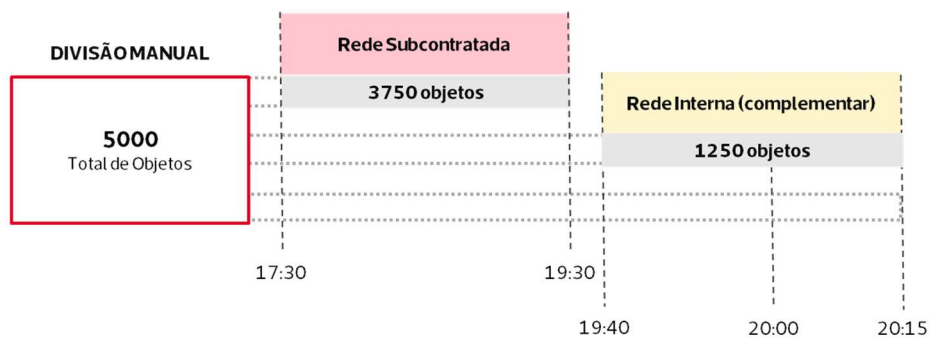


Figura 3.7 - Diagrama de carga das ligações (concentração)

Fonte: Elaboração própria

Como se pode observar na Figura 3.8, cerca de 3750 objetos dão entrada no CST, em ligações que chegam entre as 17:30h e as 19:30h. Os restantes 1250 objetos dão entrada entre as 19:40h e as 20:15h.

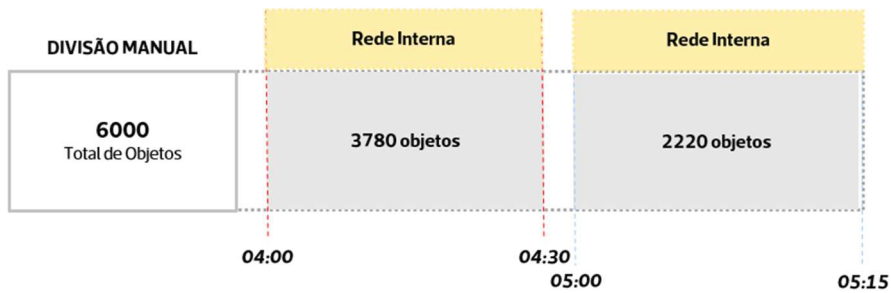


Figura 3.8 - Diagrama de carga das ligações (Dispersão)

Fonte: Elaboração própria

Como se pode observar na figura 3.8, cerca de 3780 objetos dão entrada no CST, em ligações que chegam entre as 04:00h e as 04:30h. Os restantes 2220 objetos dão entrada entre as 05:00h e as 05:15h.

Matriz de dispersão de tráfego – Divisão Nacional – Fase Concentração

Para efeitos de simulação, foi feito um levantamento de dados sobre o tráfego em cada tipo de divisão e respetiva fase. Os dados recolhidos são os dados de tráfego relativos ao ano anterior à realização do estudo, para cada destino. Assim, foram encontradas as estimativas de percentagens de tráfego, para cada saída, presentes nas tabelas 3.2 e 3.3. Estas percentagens constituem uma matriz de dispersão de tráfego que servirá como matriz de probabilidades de dispersão de tráfego, para efeitos da simulação a realizar. É importante referir que os dados utilizados são apenas uma amostra do universo do tráfego, o que pode condicionar o modelo, no entanto considera-se a melhor solução encontrada para representação desta variável. Na linha manual é feita uma divisão a nível nacional para os 15 CST (Figura 3.9). Assume-se que a matriz de dispersão de tráfego pelos 15 CST é a seguinte (Tabela 3.2):

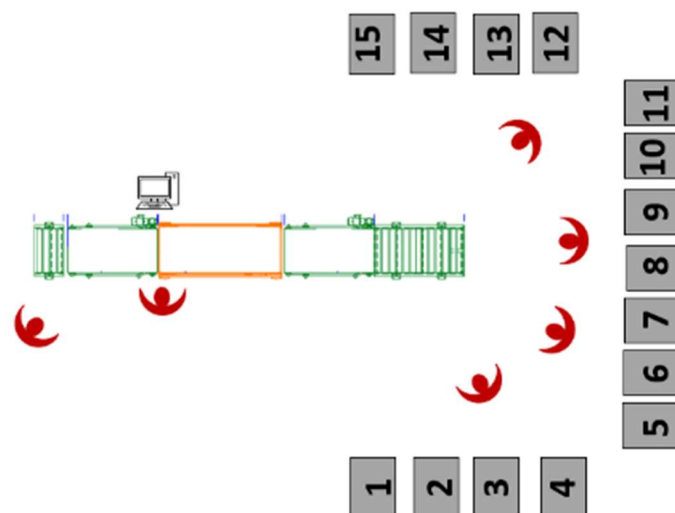


Figura 3.9 - Esquema de divisão nacional

Fonte: Elaboração própria

Tabela 3.2 – Matriz de dispersão de tráfego pelos 15 CST

Destinos		%
1	CST 1	6
2	CST 2	4
3	CST 3	26
4	CST 4	4
5	CST 5	3
6	CST 6	1
7	CST 7	2
8	CST 8	2
9	CST 9	19
10	CST 10	4
11	CST 11	1
12	CST 12	3
13	CST 13	18
14	CST 14	4
15	CST 15	3
TOTAL		100

Fonte: Elaboração Própria

Matriz de dispersão de tráfego – Divisão Regional

Após a divisão nacional, o anel de contentores é refeito e é preparado o processo para a divisão para os 5 CD da área de influência deste CST (Figura 3.10). O tráfego a passar nesta divisão é o tráfego que teve como destino o contentor com o número 13 na divisão nacional. Utilizaram-se os dados de tráfego do ano anterior para a elaboração da matriz de dispersão/probabilidades de tráfego pelos destinos. A matriz de dispersão de tráfego pelos 5 CD é a seguinte (Tabela 3.3):

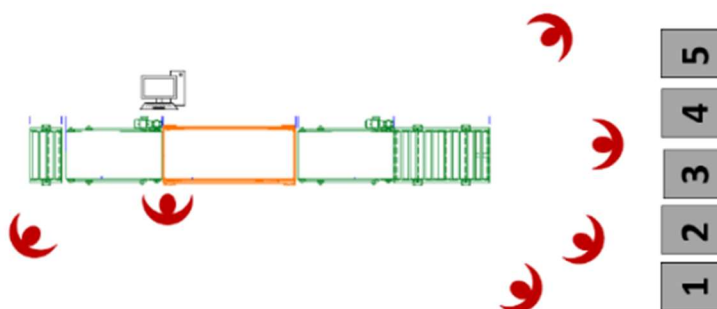


Figura 3.10 - Esquema de divisão regional

Fonte: Elaboração Própria

Tabela 3.3 – Matriz de dispersão de tráfego pelos 5 CD

Destinos		%
1	CD 1	20
2	CD 2	9
3	CD 3	16
4	CD 4	25
5	CD 5	30
TOTAL		100

Fonte: *Elaboração Própria*

Matriz de dispersão de tráfego – Divisão pelas Rotas de Distribuição – Fase Dispersão

Após a divisão realizada nos CPT, as encomendas são transportadas para o CST, onde fazem *crossdocking*, para, posteriormente, serem encaminhadas para os CD respectivos. Existem 5 CD na área geográfica abrangida por este CST e cada um destes CD tem 8 rotas de distribuição. Existe, portanto, um total de 40 rotas de distribuição. Não existem dados sobre a matriz de dispersão de tráfego pelas 40 rotas de distribuição. Assim, assume-se o pressuposto de que as rotas de distribuição têm a mesma percentagem de tráfego.

3.3.3 Aferição dos Coeficientes de Produtividade das Tarefas

A empresa não possui nenhum departamento ou equipa dedicada ao estudo da medida do trabalho. Contudo, existe um repositório de coeficientes de produtividade, aferidos há algum tempo, onde constam valores médios de referência para as tarefas existentes na atual linha de divisão. Não existe acesso às amostras que deram origem a estes valores médios e muito menos se conhece a correta distribuição de probabilidade que melhor representa estes dados. Na simulação de sistemas estocásticos como este, as identificações corretas das distribuições de probabilidade são essenciais, de forma a representarem adequadamente o comportamento das variáveis aleatórias do sistema real. A dificuldade da ausência de dados é um problema real. Em algumas situações torna-se necessário definir uma distribuição de probabilidade para representar a aleatoriedade na ausência de dados. Isto pode ocorrer caso o sistema ainda não exista; se o sistema existe, mas não é possível a recolha dos dados por diversos motivos (tempo, por exemplo); ou o sistema existe, mas os dados foram recolhidos automaticamente e encontram-se num formato diferente do formato adequado (Law, 2007). A distribuição da probabilidade triangular é caracterizada por 3 parâmetros: a (valor mínimo), b (valor máximo) e m (valor mais provável, a moda), sendo representada por um gráfico em formato de triângulo (Fernandes, 2005; Machado & Ferreira, 2012). É importante mencionar que esta distribuição é utilizada em situações em que não se conhece a forma exata da distribuição de probabilidade.

Assemelha-se a um modelo na ausência de dados, ou seja, quando não existem dados disponíveis utiliza-se esta distribuição (Law, 2007; Vilcapoma *et al.*, 2013). Deste modo, para efeitos de simulação foram consideradas funções triangulares, onde os valores médios dos coeficientes de produtividade foram tidos como valores da moda e os valores mínimos e máximos foram definidos através de uma análise qualitativa com base na experiência operacional (Tabela 3.4).

Tabela 3.4 – Funções distribuição de probabilidade das tarefas

Tarefas	Valor mínimo (s/obj)	Valor da moda (s/obj)	Valor máximo (s/obj)	Função Distribuição Probabilidade (s)
Indução dos objetos	6	7,2	8	Triangular (6;7,2;8)
Leitura do CB e pesagem dos objetos	6	6,5	7,2	Triangular (6;6,5;7,2)
Divisão de objetos	20	28,8	30	Triangular (20;28,8;30)

Fonte: Elaboração Própria

3.3.4 Simulação do Processo As-Is no Software FlexSim

Recolhidas e identificadas todas as variáveis de *input* do processo, procedeu-se à construção do modelo de simulação no *software FlexSim*. A simulação da divisão nacional e regional, no cenário As-Is, tem como principais objetivos: a avaliação da aderência da simulação em *FlexSim* à realidade; a identificação de possíveis falhas existentes no processo; a obtenção de KPI para comparação futura com cenários de melhoria que venham a ser propostos.

Simulação do Processo As-Is – Divisão Nacional

Para o desenvolvimento da simulação da divisão nacional, foi inicialmente introduzida no *software* uma planta à escala, para o desenho do *layout* da operação. Para tal, foram selecionados os objetos da biblioteca necessários (*sources, operators, queues, stations, separators* e *conveyors*) e arrastados para a janela de projeto, de modo a criar o *layout* em 3D (Figura 3.11 e Figura 3.12). De seguida, foi necessário ligar os objetos (*connect objects*) segundo o fluxo a que os mesmos são sujeitos.

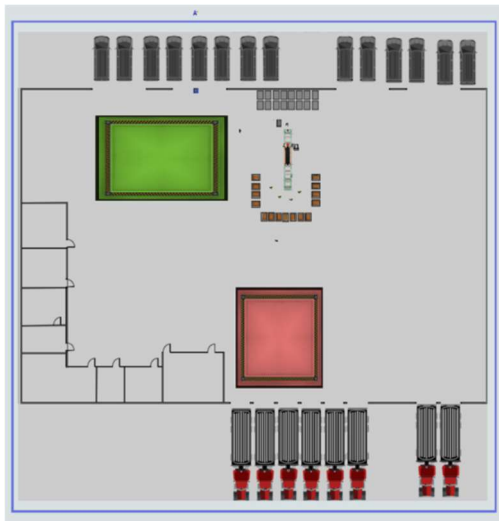


Figura 3.11 - Planta em 2D no software FlexSim

Fonte: Elaboração Própria

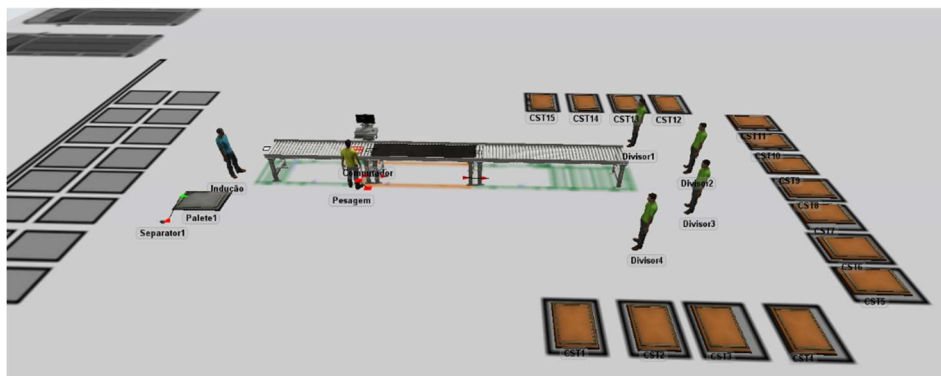


Figura 3.12 - Planta em 3D no software FlexSim

Fonte: Elaboração Própria

Cada objeto da janela do programa foi parametrizado de acordo com os dados das variáveis de *input* anteriormente identificadas:

- **Dados de tráfego e diagrama de carga de ligações** – de forma a simular a descarga de paletes para uma zona de stock de entrada, foi parametrizado um elemento *source*, através de uma tabela (*Arrival Schedule*) presente no Anexo A – Tabela A.1, que gera itens que representativos das paletes. A criação destes itens respeita o diagrama de carga de ligações anteriormente referido. Estas paletes são geradas para a zona de *stock* de entrada (*queue* verde) representada na Figura 3.11;

- Dados da matriz de dispersão de tráfego e conversores de objetos por palete/contentor** – Após as paletes entrarem na zona de *stock* de entrada, são transportadas por um operador de suporte para um *separator* próximo à *queue* modelada, junto do tapete de divisão, sempre que esta se encontra vazia. O elemento *separator* permitirá transformar as paletes nos objetos a dividir. Para simular a capacidade de armazenamento das paletes/contentores, foram parametrizados elementos *queue* com capacidade igual ao conversor apurado para cada uma das unidades agregadoras de tráfego.

Com o intuito de simular a matriz de dispersão de tráfego, é atribuída a cada um dos objetos que entra na *queue*, junto do tapete de divisão, uma *label* com uma variável numérica gerada através de uma matriz de probabilidades, que tem como base as percentagens presentes na matriz de dispersão de tráfego apurada. Assim, com base nessa variável, o objeto é dividido posteriormente para o respetivo contentor. Para a atribuição desta *label* é usado um código presente no Anexo B – Código B.1;

- Dados das tarefas operacionais e coeficientes de produtividade** – de forma a simular as tarefas realizadas pelos operadores, recorreu-se ao módulo *process flow* para programar a atividade nas tarefas de suporte, indução, divisão e a capacidade de acumulação do tapete gravítico no final da linha manual. Este módulo permite programar a lógica do sistema e integrá-la no modelo 3D. Nestas lógicas e nas posições de trabalho devidas, foram integrados os coeficientes de produtividade através da parametrização das funções de distribuição de probabilidade definidas (*Process Time*) (Figura 3.13). Os códigos criados no *process flow* estão presentes no Anexo B – Código B.2.

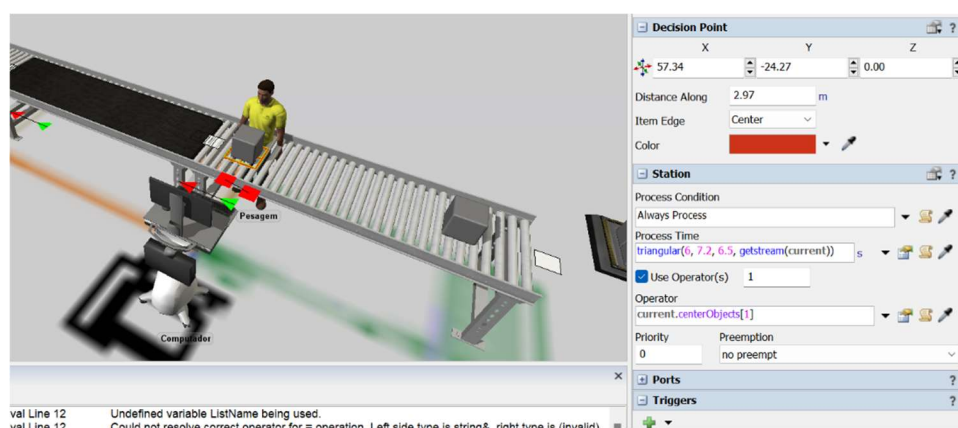


Figura 3.13 - Parametrização da função distribuição de probabilidade da tarefa de picagem do CB dos Objetos

Fonte: Elaboração Própria

Após concluída a parametrização do modelo, foi realizada a simulação, na janela horária definida, para obtenção dos resultados.

Simulação do Processo As-Is – Divisão Regional

A construção do modelo de simulação da divisão regional (Figura 3.14) seguiu o mesmo raciocínio e os mesmos passos utilizados na simulação da divisão nacional. Esta simulação teve como *input* o tráfego previamente dividido para o contentor número 13 na simulação da divisão nacional e a parametrização da lógica e dos objetos sofreram as alterações adequadas a este processo. As tabelas e códigos utilizados nesta simulação encontram-se no Anexo A – Tabela A.2, no Anexo B – Código B.3 e Código B.4.

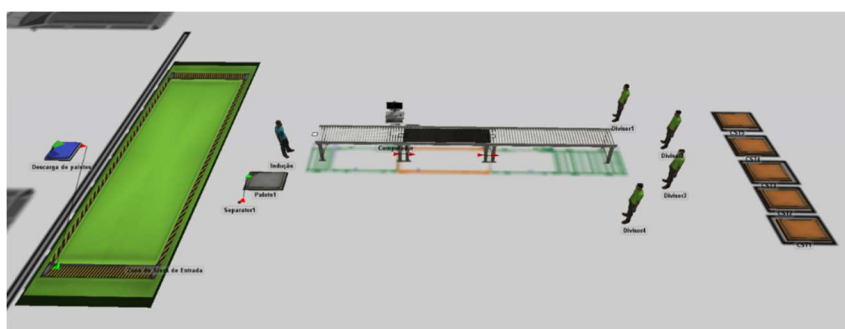


Figura 3.14 - Planta em 3D da divisão regional no software FlexSim

Fonte: Elaboração Própria

Após concluída a parametrização do modelo, foi realizada a simulação, na janela horária definida, para obtenção dos resultados.

3.3.5 Análise de Resultados

Finalizadas as simulações do processo As-Is, procede-se à análise dos resultados obtidos.

Análise de Resultados – Divisão Nacional

Através da simulação da divisão nacional, verifica-se que a linha de divisão manual tem uma produção de cerca de 498 objetos por hora, tendo uma produção total de 1990 objetos na janela horária estabelecida de 4 horas. Ou seja, dos cerca de 5000 objetos que dão entrada, na fase de concentração, no CST, apenas cerca de 40% desses são alvo de divisão nacional. Assim, conclui-se que a atual linha de divisão manual tem uma produção 60% inferior ao que seria necessário neste centro operacional. O baixo nível de produção sobrecarrega a jusante o processo de divisão nos CPT. Os dados da produção obtidos na simulação estão coerentes com os dados de tratamento operacionais, o que sustenta e valida o modelo de simulação à realidade.

Com o objetivo de definir um indicador que, para além da produção, pudesse comparar o desempenho do processo As-Is com o processo To-Be, escolheu-se o indicador da produtividade, calculado através da seguinte fórmula:

$$Produtividade = \frac{N^{\circ} \text{Objetos divididos}}{N^{\circ} RH \times N^{\circ} \text{Horas}} \left(\frac{Obj}{Hm.h} \right), \quad (3.3.1)$$

Para este caso:

$$Produtividade = \frac{1990}{6 \times 4} = 82,9 \frac{Obj}{Hm.h}$$

Análise de Resultados – Divisão Regional

A simulação da divisão regional teve como *input* o tráfego que saiu para o destino número 13 (cerca de 320 objetos) na divisão nacional. Simulado o processo, verifica-se que a linha de divisão manual tem uma produção de cerca de 480 objetos por hora, tendo uma produção total de 320 objetos em 40 minutos. Ou seja, os cerca de 320 objetos, que na atualidade necessitam de passar pela divisão regional, conseguem ser integralmente processados na janela horária estabelecida. Mais uma vez, importa referir que os dados da produção obtidos na simulação estão coerentes com os dados de tratamento operacionais, o que sustenta e valida o modelo de simulação à realidade.

A produtividade deste processo é a seguinte:

$$Produtividade = \frac{320}{5 \times 0,66} = 96 \frac{Obj}{Hm.h}$$

Com base nas duas simulações realizadas foi possível identificar alguns problemas no processo da linha de divisão manual:

- **Ineficiência da tarefa de picagem e pesagem dos objetos:** através da simulação da divisão nacional constatou-se que a tarefa de picagem e pesagem dos objetos é crítica, ditando a capacidade máxima deste sistema. Verificou-se que a produtividade desta tarefa não permite que todos os objetos que entram no CST passem pela linha de divisão manual. Mesmo que a capacidade produtiva da indução aumentasse, a tarefa da picagem e pesagem iria constituir um *bottleneck*. Conclui-se que o aumento da produtividade desta tarefa potenciará o aumento da produção da linha;
- **Ineficiência da tarefa de divisão dos objetos:** o procedimento atual não se encontra otimizado. A necessidade de leitura do código-postal de destino do objeto e colocação no respetivo contentor por parte dos operadores, não só permite a ocorrência de vários erros de

divisão, que comprometem a qualidade do processo, como também torna a tarefa pouco intuitiva e algo demorada, principalmente para operadores mais inexperientes.

Para além dos problemas enumerados com base na simulação, verifica-se ainda o problema operacional de a atual linha de divisão manual não conseguir realizar a divisão por rotas de distribuição, na fase de dispersão, e esta precisar de ser assegurada por cada um dos CD. Esta impossibilidade prende-se com duas questões: a primeira é a insuficiente capacidade de produção instalada. Na fase de dispersão, o CST recebe cerca de 6000 objetos, que necessitavam de ser divididos numa janela horária de 4 horas, o que implicaria uma capacidade de produção de 1500 objetos/hora. Através dos resultados das simulações, constatou-se que a atual capacidade produtiva da linha se encontra próxima dos 500 objetos/hora, não sendo, claramente, suficiente para satisfazer as necessidades; a segunda questão prende-se com o facto dos CD em causa possuírem 40 rotas de distribuição, o que significaria que a linha precisaria de 40 destinos de divisão. Existe uma restrição operacional que estabelece um máximo de 20 destinos por cada anel de divisão, localizado no final de uma configuração em linha. Esta restrição não é mutável e visa reduzir entropia operacional e minimizar distâncias percorridas pelos operadores que realizam a divisão. Assim sendo, esta condição inviabiliza a possibilidade de colocação de 40 contentores em anel junto da linha.

4. Propostas de melhoria

No presente capítulo são apresentadas algumas propostas de melhoria ao processo descrito no capítulo anterior. São também caracterizados os cenários e realizadas as simulações da aplicação das melhorias propostas para posterior análise dos resultados. Por último, é realizada uma análise de investimento do projeto.

4.1 Propostas Consideradas

De modo a resolver os problemas identificados no processo atual de divisão, a equipa de operações reuniu-se para debater possíveis soluções. As propostas consideradas e eleitas para implementação são as seguintes:

- **Aquisição de um novo módulo de pesagem dinâmico:** uma vez que a tarefa de picagem e pesagem dos objetos foi considerada como crítica no processo, ditando a capacidade máxima deste sistema. A equipa viu como medida necessária a substituição desta tarefa por um sistema automático, com uma balança dinâmica com capacidade de pesar até 3000 objetos/hora. Na Figura 4.1 encontra-se representado um exemplo semelhante a este sistema. Este sistema irá ter um sensor com *Optical Character Recognition* (OCR) capaz de ler cada um dos CB dos objetos e associar o seu peso automaticamente. Com este sistema deixará de ser necessária a tarefa de picagem realizada com recurso a um operador. Esta melhoria irá potenciar a capacidade produtiva da linha, trazendo a possibilidade de colocar mais operadores na tarefa de indução de objetos;



Figura 4.1 - Exemplo de módulo dinâmico de pesagem

Fonte: Portal da empresa Mettler Toledo

- **Aquisição de uma luva com sistema OCR integrado para auxílio na divisão:** estando o procedimento de divisão atual pouco otimizado, considerou-se a aquisição de luvas com um sistema tecnológico de OCR e um visor, que os operadores podem utilizar para leitura dos CB e assim obterem rapidamente a resposta de qual o contentor onde devem colocar o objeto (Figura 4.2). Este sistema visa a diminuição da ocorrência de vários erros de divisão, que comprometem a qualidade do processo e aumentar o coeficiente de produtividade desta tarefa;



Figura 4.2 - Exemplo de luva com sistema OCR

Fonte: Portal da empresa Mettler Toledo

- **Estudo da configuração ótima da linha de divisão manual:** já há alguns anos que a configuração da linha de divisão manual é formada por um conjunto de tapetes automáticos e gravíticos dispostos em linha. Contudo, nunca foi realizado um estudo acerca de qual seria a configuração ótima a usar em função do número de destinos. A esta questão, agrava o facto de existir a restrição operacional que impede que um anel de divisão à saída de uma linha tenha mais do que 20 destinos, inviabilizando a divisão dos objetos por CD na fase de dispersão. Assim, a equipa de engenharia definiu que irão ser estudadas 3 configurações, de modo a perceber, por meio da simulação, qual será a ótima a adotar para 5, 15 e 40 destinos. As 3 configurações de divisão são as seguintes:

- **Configuração Linha (configuração base):** Composta por tapetes gravíticos e automáticos em disposição de uma linha. Esta configuração é constituída pelas tarefas de indução de objetos (I) e divisão de objetos (D) para os contentores (Figura 4.3).

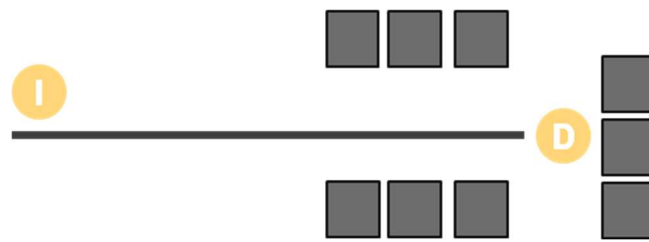


Figura 4.3 - Configuração de divisão Linha

Fonte: Elaboração própria

- **Configuração em T:** Composta por tapetes gravíticos e automáticos em que a sua disposição tem a forma de um T. Esta configuração é constituída pelas tarefas da indução de objetos (I), por uma nova tarefa denominada triagem (T) e pela divisão de objetos (D) para os contentores (Figura 4.4). A tarefa da triagem foi idealizada para ser realizada por um operador com recurso a uma luva dotada de leitura OCR que permite saber ao operador de uma forma expedita em que tapete deve colocar o objeto. Esta configuração permite dividir objetos para um número de destinos superior a 20 e no máximo até 40.

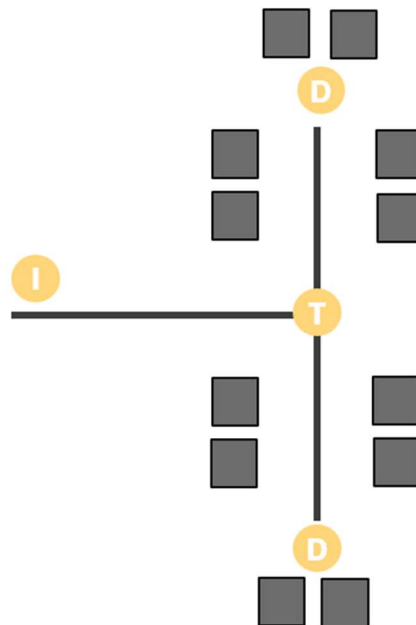


Figura 4.4 - Configuração de divisão T

Fonte: Elaboração própria

- **Configuração Cruz:** Composta por tapetes gravíticos e automáticos em que a sua disposição tem a forma de uma cruz (Figura 4.5). Esta configuração é constituída pelas tarefas da indução de objetos (I), pela nova tarefa denominada triagem (T) e pela divisão de objetos (D) para os contentores (Figura 4.5). Esta configuração permite dividir objetos para um número de destinos superior a 20 de destinos e no máximo até 60 destinos.

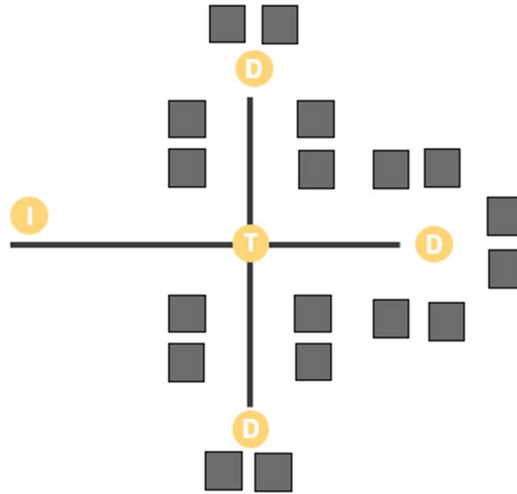


Figura 4.5 - Configuração de divisão Cruz

Fonte: Elaboração própria

- **Configuração T+:** Composta por tapetes gravíticos e automáticos em que a sua disposição tem a forma de vários T (Figura 4.6). Esta configuração é constituída pelas tarefas da indução de objetos (I), pela nova tarefa denominada triagem (T) e pela divisão de objetos (D) para os contentores (Figura 4.6). Esta configuração permite dividir objetos para um número de destinos superior a 20 de destinos e o máximo é definido pelo número de “T” a acrescentar.

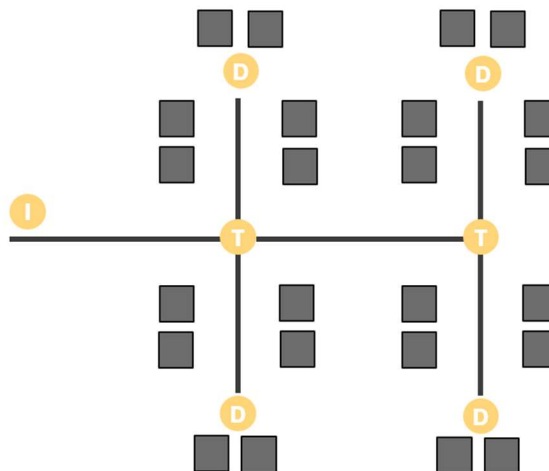


Figura 4.6 - Configuração de divisão T+

Fonte: Elaboração própria

4.2 Caracterização das propostas e cenários de melhoria

4.2.1 Restrições Operacionais

Para a simulação das propostas apresentadas foram definidas as seguintes restrições operacionais:

- Máximo de 20 destinos por anel de divisão;
- Máximo de 2 operadores na tarefa de triagem;
- Máximo de 4 operadores, na tarefa de divisão, por anel de divisão.

4.2.2 Nova aferição dos coeficientes de produtividade das tarefas

Com a existência de novas tarefas como a triagem e divisão de objetos com recurso a luvas com leitura OCR foi necessário aferir os seus coeficientes de produtividade.

Para aferir o coeficiente de produtividade da triagem foram realizados alguns testes com um protótipo da luva com leitura OCR. Não sendo possível elaborar uma amostragem rigorosa à duração desta tarefa, por motivos de custo e duração do projeto, foi utilizada a função de distribuição de probabilidade triangular, em que o valor médio obtido pelos testes foi a referência para o valor da moda. Utilizaram-se os valores mínimo e máximo obtidos nos testes. O valor do coeficiente de produtividade referente a esta tarefa encontra-se na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 - Função distribuição de probabilidade da tarefa triagem com luva OCR

Tarefas	Valor mínimo (s/obj)	Valor da moda (s/obj)	Valor máximo (s/obj)	Função Distribuição Probabilidade (s)
Triagem com luva OCR	2,4	3	4	Triangular (2,4;3;4)

Fonte: Elaboração própria

Na aferição do coeficiente de produtividade da divisão de objetos com recurso a uma luva com leitura OCR, foram realizados igualmente alguns testes com um protótipo. Não sendo possível elaborar uma amostragem rigorosa à duração desta tarefa, por motivos de custo e duração do projeto, em função do número de divisões, foram realizados apenas testes para 5, 10, 15 e 20 divisões. Com base nos valores obtidos, foi encontrada a função que melhor representa os dados para depois serem extrapolados os coeficientes de produtividade necessários em função dos diferentes números de divisão (Figura 4.7).

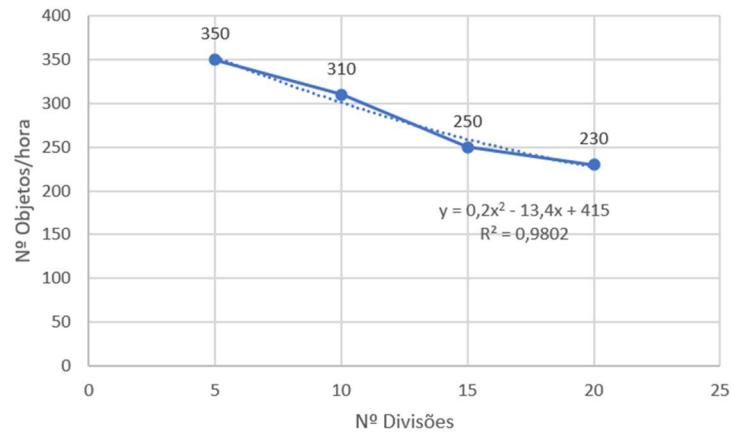


Figura 4.7 - Gráfico representativo dos coeficientes de produtividade da tarefa de divisão com luva OCR

Fonte: Elaboração própria

Tal como anteriormente, não sendo possível elaborar uma amostragem rigorosa à duração desta tarefa, pelos mesmos motivos apresentados anteriormente, foi utilizada a função de distribuição de probabilidade triangular, em que o valor médio obtido pelos testes foi a referência para o valor da moda. Utilizaram-se os valores mínimo e máximo obtidos nos testes. Os valores dos coeficientes de produtividade referentes a esta tarefa encontram-se na Tabela 4.2.

Tabela 4.2 – Funções distribuição de probabilidade da tarefa divisão com luva OCR em função do número de divisões

Tarefas	Nº Divisões	Valor mínimo (s/obj)	Valor da moda (s/obj)	Valor máximo (s/obj)	Função Distribuição Probabilidade (s)
Divisão de Objetos com luva OCR	5	9,4	10,2	11	Triangular (9,4,10,2;11)
	10	10,5	11,6	12,6	Triangular (10,5,11,6;12,6)
	15	12,8	14,4	16	Triangular (12,8,14,4;16)
	20	13,8	15,6	17,6	Triangular (13,8,15,6;17,6)

Fonte: Elaboração própria

4.2.3 Matriz de Simulações

Tendo por base as configurações definidas nas propostas de melhoria, foi definida a matriz de simulações a realizar no *software* FlexSim (Tabela 4.3).

Tabela 4.3 - Matriz de simulações a realizar no software FlexSim

Fase	Divisão	Configuração
Concentração	Nacional	Linha
		T
		Cruz
		T+
	Regional	Linha
		T
		Cruz
		T+
Dispersão	Rotas Distribuição	Linha
		T
		Cruz
		T+

Fonte: Elaboração própria

4.3 Simulação das propostas de melhoria

4.3.1 Simulação – Fase Concentração

4.3.1.1 Divisão Nacional – Configuração Linha

Para a construção desta simulação foram utilizadas todas as variáveis de *input* do processo anteriormente referidas. Começou-se por carregar a planta à escala no *software* para o desenho do *layout* da operação. Em seguida, foi necessário selecionar os objetos da biblioteca necessários (*sources, operators, queues, stations, separators* e *conveyors*) e arrastá-los para a janela de projeto, de modo a criar o *layout* em 3D (Figura 4.8).

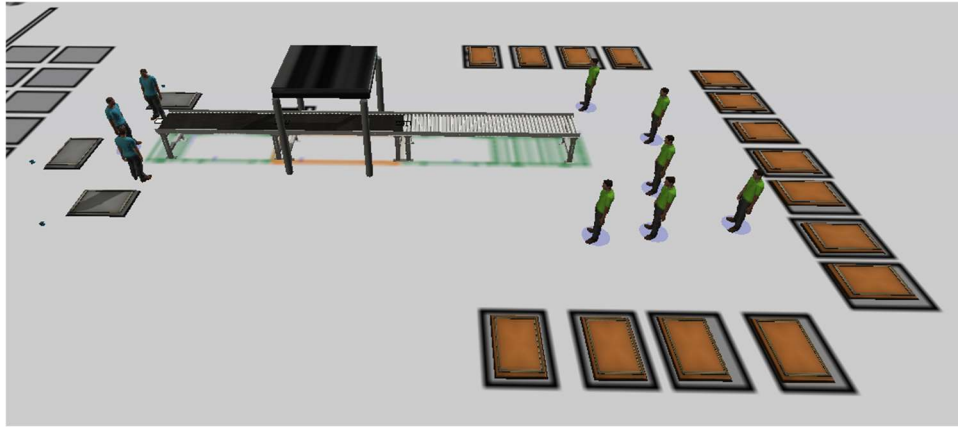


Figura 4.8 - Simulação FlexSim – Divisão Nacional – configuração linha

Fonte: Elaboração própria

Foram modelados 3 operadores na tarefa de indução, de forma a satisfazer a produção necessária de 1250 objetos/hora. Foi também representado o novo módulo de pesagem dinâmico. Os tipos de *conveyors* utilizados na simulação e todas as suas propriedades estão presentes no Anexo A – Tabela A.10.

Para simulação da descarga de paletes para a zona de stock de entrada, foram parametrizados três elementos *source*, através de tabelas (*Arrival Schedule*) presentes no Anexo A – Tabela A.3; Tabela A.4; Tabela A.5, que geram itens que representam as paletes. A criação destes itens respeita o diagrama de carga de ligações anteriormente referido. Cada elemento da janela do programa foi parametrizado de acordo com os dados das variáveis de *input* anteriormente identificadas:

- **Dados da matriz de dispersão de tráfego e conversores de objetos por palete/contentor –**
Após as paletes entrarem na zona de *stock* de entrada, estas são transportadas por três operadores de suporte para um respetivo *separator* próximo à *queue* modelada, junto do tapete de divisão, sempre que esta esteja vazia. O elemento *separator* irá permitir transformar as paletes nos objetos a dividir. Para simular a capacidade de armazenamento das paletes/contentores foram parametrizados elementos *queue* com capacidade igual ao conversor apurado para cada uma das unidades agregadoras de tráfego.

Com o intuito de simular a matriz de dispersão de tráfego, é atribuída, a cada um dos objetos que entra na *queue*, junto do tapete de divisão, uma *label* com uma variável numérica que é gerada através de uma matriz de probabilidades, que tem como base as percentagens presentes na matriz de dispersão de tráfego apurada. Assim, com base nessa variável o objeto é dividido posteriormente para o respetivo contentor. Para a atribuição desta *label* é usado um código presente no Anexo B – Código B.5;

- **Dados das tarefas operacionais e coeficientes de produtividade** – de forma a simular as tarefas realizadas pelos operadores, recorreu-se ao módulo *process flow* para programar a atividade nas tarefas de suporte, de indução, divisão e a capacidade de acumulação do tapete gravítico no final da linha manual. Este módulo permite programar a lógica do sistema e integrá-la no modelo 3D. Nestas lógicas e nas posições de trabalho devidas foram integrados os coeficientes de produtividade através da parametrização das funções de distribuição de probabilidade definidas na Tabela 3.4 e na Tabela 4.2. Os códigos criados no *process flow* estão presentes no Anexo B – Código B.6. Para o correto dimensionamento do número de recursos na tarefa de divisão dos objetos com recurso à luva com OCR, foram realizadas várias iterações, por via da simulação, de forma a obter o número de operadores necessário à realização desta tarefa sem criar nos tapetes filas de espera incomportáveis.

Com o modelo parametrizado e o número de recursos humanos definido foi realizada a simulação, na janela horária definida, para obtenção dos resultados.

4.3.1.2 Divisão Nacional – Configuração T

Para a construção desta simulação foram utilizadas todas as variáveis de *input* do processo anteriormente referidas. Começou-se por carregar a planta à escala no *software* para o desenho do *layout* da operação. Em seguida, foi necessário selecionar os objetos da biblioteca necessários (*sources, operators, queues, stations, separators* e *conveyors*) e arrastá-los para a janela de projeto, de modo a criar o *layout* em 3D (Figura 4.9).



Figura 4.9 - Simulação FlexSim – Divisão Nacional – configuração T

Fonte: Elaboração própria

Sendo a configuração em T, a linha foi repartida em duas ramificações: uma ramificação com 7 destinos e outra com 8 destinos. O agrupamento dos destinos, em cada ramificação, teve como base a matriz de dispersão presente na tabela 3.2 e teve como objetivo dividir o mais equitativamente possível o tráfego pelas duas ramificações: 1ª ramificação: CST 15, CST 1, CST 2, CST 3, CST 4, CST 14 e CST 5; 2ª ramificação: CST 11, CST 6, CST 7, CST 8, CST 9, CST 10, CST 12 e CST 13.

Foram modelados 3 operadores na tarefa de indução, de forma a satisfazer a produção necessária de 1250 objetos/hora. Foi também representado o novo módulo de pesagem dinâmico. Os tipos de *conveyors* utilizados na simulação e todas as suas propriedades estão presentes no Anexo A – Tabela A.10.

Para simulação da descarga de paletes para a zona de stock de entrada, foram parametrizados três elementos *source*, através de tabelas (*Arrival Schedule*) presentes no Anexo A – Tabela A.3; Tabela A.4; Tabela A.5, que geram itens que representam as paletes. A criação destes itens respeita o diagrama de carga de ligações anteriormente referido. Cada elemento da janela do programa foi parametrizado de acordo com os dados das variáveis de *input* anteriormente identificadas:

- **Dados da matriz de dispersão de tráfego e conversores de objetos por palete/contentor –**

Após as paletes entrarem na zona de *stock* de entrada, estas são transportadas por três operadores de suporte para um respetivo *separator próximo à queue* modelada, junto do tapete de divisão, sempre que esta esteja vazia. O elemento *separator* irá permitir transformar as paletes nos objetos a dividir. Para simular a capacidade de armazenamento das paletes/contentores foram parametrizados elementos *queue* com capacidade igual ao conversor apurado para cada uma das unidades agregadoras de tráfego.

Com o intuito de simular a matriz de dispersão de tráfego, é atribuída, a cada um dos objetos que entra na *queue*, junto do tapete de divisão, uma *label* com uma variável numérica que é gerada através de uma matriz de probabilidades. O valor atribuído a esta *label* tem como base as percentagens resultantes dos agrupamentos realizados em cada uma das ramificações da linha e o código que o origina está presente no Anexo B – Código B.7.

Os objetos são direcionados para cada uma das ramificações da linha através de um *decision point* programado para enviar os objetos para os respetivos tapetes com base na *label* anteriormente referida.

Ao saírem dos últimos tramos de tapetes automáticos, é gerado um evento em que os objetos recebem uma *label* numérica para posteriormente serem divididos para o respetivo contentor. Para a atribuição desta *label* são usados códigos que estão presentes no Anexo B – Código B.8 e Código B.9;

- **Dados das tarefas operacionais e coeficientes de produtividade** – de forma a simular as tarefas realizadas pelos operadores, recorreu-se ao módulo *process flow* para programar a atividade nas tarefas de suporte, de indução, triagem, divisão e a capacidade de acumulação do tapete gravítico no final da linha manual. Este módulo permite programar a lógica do sistema e integrá-la no modelo 3D. Nestas lógicas e nas posições de trabalho devidas foram integrados os coeficientes de produtividade através da parametrização das funções de distribuição de probabilidade definidas na Tabela 3.4, na Tabela 4.1, na Tabela 4.2 e na Figura 4.7. Os códigos criados no *process flow* estão presentes no Anexo B – Código B.10. Para o correto dimensionamento do número de recursos na tarefa de divisão dos objetos com recurso à luva com OCR e da triagem, foram realizadas várias iterações, por via da simulação, de forma a obter o número de operadores necessário à realização destas tarefas sem criar nos tapetes filas de espera incomportáveis.

Com o modelo parametrizado e o número de recursos humanos definido foi realizada a simulação, na janela horária definida, para obtenção dos resultados.

4.3.1.3 Divisão Nacional – Configuração Cruz

Para a construção desta simulação foram utilizadas todas as variáveis de *input* do processo anteriormente referidas. Começou-se por carregar a planta à escala no *software* para o desenho do *layout* da operação. Em seguida, foi necessário selecionar os objetos da biblioteca necessários (*sources, operators, queues, stations, separators* e *conveyors*) e arrastá-los para a janela de projeto, de modo a criar o *layout* em 3D (Figura 4.10).



Figura 4.10 - Simulação FlexSim – Divisão Nacional – configuração Cruz

Fonte: Elaboração própria

Tratando-se da configuração em cruz, a linha foi repartida em três ramificações, cada uma das ramificações com 5 destinos. O agrupamento dos destinos, em cada ramificação, teve como base a matriz de dispersão presente na Tabela 3.2 e teve como objetivo dividir o mais equitativamente possível o tráfego pelas três ramificações: 1ª ramificação: CST 15, CST 2, CST 4, CST 14 e CST 13; 2ª ramificação: CST 1, CST 7, CST 8, CST 9, CST 10; 3ª ramificação: CST 6, CST 11, CST 3, CST 12 e CST 15.

Foram modelados 3 operadores na tarefa de indução, de forma a satisfazer a produção necessária de 1250 objetos/hora. Foi também representado o novo módulo de pesagem dinâmico. Os tipos de *conveyors* utilizados na simulação e todas as suas propriedades estão presentes no Anexo A – Tabela A.10.

Para simulação da descarga de paletes para a zona de stock de entrada, foram parametrizados três elementos *source*, através de tabelas (*Arrival Schedule*) presentes no Anexo A – Tabela A.3; Tabela A.4; Tabela A.5, que geram itens que representam as paletes. A criação destes itens respeita o diagrama de carga de ligações anteriormente referido. Cada elemento da janela do programa foi parametrizado de acordo com os dados das variáveis de *input* anteriormente identificadas:

- **Dados da matriz de dispersão de tráfego e conversores de objetos por palete/contentor –**

Após as paletes entrarem na zona de *stock* de entrada, estas são transportadas por três operadores de suporte para um respetivo *separator próximo à queue* modelada, junto do tapete de divisão, sempre que esta esteja vazia. O elemento *separator* irá permitir transformar as paletes nos objetos a dividir. Para simular a capacidade de armazenamento das paletes/contentores foram parametrizados elementos *queue* com capacidade igual ao conversor apurado para cada uma das unidades agregadoras de tráfego.

Com o intuito de simular a matriz de dispersão de tráfego, é atribuída, a cada um dos objetos que entra na *queue*, junto do tapete de divisão, uma *label* com uma variável numérica que é gerada através de uma matriz de probabilidades. O valor atribuído a esta *label* tem como base as percentagens resultantes dos agrupamentos realizados em cada uma das ramificações da linha e o código que o origina está presente no Anexo B – Código B.11.

Os objetos são direcionados para cada uma das ramificações da linha através de um *decision point* programado para enviar os objetos para os respetivos tapetes com base na *label* anteriormente referida.

Ao saírem dos últimos tramos de tapetes automáticos, é gerado um evento em que os objetos recebem uma *label* numérica para posteriormente serem divididos para o respetivo contentor. Para a atribuição desta *label* são usados códigos que estão presentes no Anexo B – Código B.12, Código B.13 e Código B.14;

- **Dados das tarefas operacionais e coeficientes de produtividade** – de forma a simular as tarefas realizadas pelos operadores, recorreu-se ao módulo *process flow* para programar a atividade nas tarefas de suporte, de indução, triagem, divisão e a capacidade de acumulação do tapete gravítico no final da linha manual. Este módulo permite programar a lógica do sistema e integrá-la no modelo 3D. Nestas lógicas e nas posições de trabalho devidas foram integrados os coeficientes de produtividade através da parametrização das funções de distribuição de probabilidade definidas na Tabela 3.4, na Tabela 4.1, na Tabela 4.2 e na Figura 4.7. Os códigos criados no *process flow* estão presentes no Anexo B – Código B.15. Para o correto dimensionamento do número de recursos na tarefa de divisão dos objetos com recurso à luva com OCR e da triagem, foram realizadas várias iterações, por via da simulação, de forma a obter o número de operadores necessário à realização destas tarefas sem criar nos tapetes filas de espera incomportáveis.

Com o modelo parametrizado e o número de recursos humanos definido foi realizada a simulação, na janela horária definida, para obtenção dos resultados.

4.3.1.4 Divisão Nacional – Configuração T+

Para a construção desta simulação foram utilizadas todas as variáveis de *input* do processo anteriormente referidas. Começou-se por carregar a planta à escala no *software* para o desenho do *layout* da operação. Em seguida, foi necessário selecionar os objetos da biblioteca necessários (*sources, operators, queues, stations, separators* e *conveyors*) e arrastá-los para a janela de projeto, de modo a criar o *layout* em 3D (Figura 4.11).

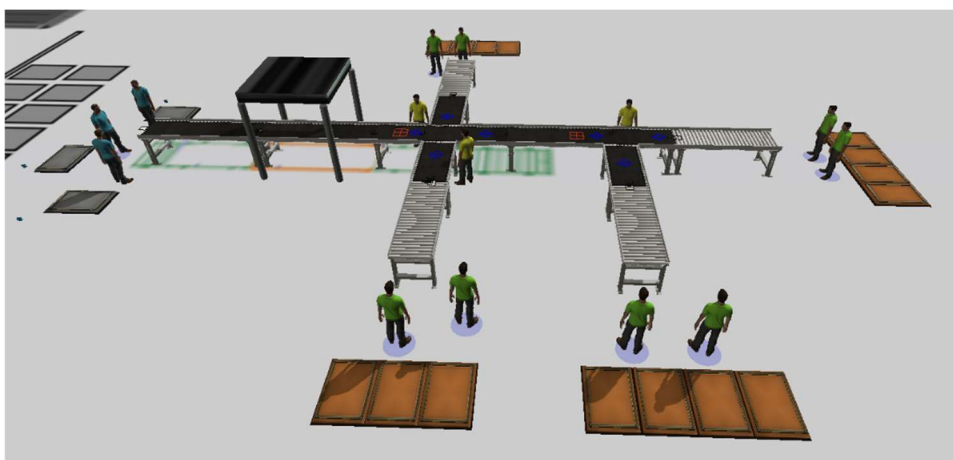


Figura 4.11 - Simulação FlexSim – Divisão Nacional – configuração T+

Fonte: Elaboração própria

Tratando-se da configuração T+, a linha foi repartida em quatro ramificações: três ramificações com 4 destinos e uma com 3 destinos. O agrupamento dos destinos, em cada ramificação, teve como base a matriz de dispersão presente na Tabela 3.2 e teve como objetivo dividir o mais equitativamente possível o tráfego pelas quatro ramificações: 1ª ramificação: CST 13, CST 15, CST 14; 2ª ramificação: CST 5, CST 1, CST 10, CST 2; 3ª ramificação: CST 7, CST 9, CST 6, CST 4; 4ª ramificação: CST 12, CST 11, CST 3 e CST 8.

Foram modelados 3 operadores na tarefa de indução, de forma a satisfazer a produção necessária de 1250 objetos/hora. Foi também representado o novo módulo de pesagem dinâmico. Os tipos de *conveyors* utilizados na simulação e todas as suas propriedades estão presentes no Anexo A – Tabela A.10.

Para simulação da descarga de paletes para a zona de stock de entrada, foram parametrizados três elementos *source*, através de tabelas (*Arrival Schedule*) presentes no Anexo A – Tabela A.3; Tabela A.4; Tabela A.5, que geram itens que representam as paletes. A criação destes itens respeita o diagrama de carga de ligações anteriormente referido. Cada elemento da janela do programa foi parametrizado de acordo com os dados das variáveis de *input* anteriormente identificadas:

- **Dados da matriz de dispersão de tráfego e conversores de objetos por palete/contentor** – Após as paletes entrarem na zona de *stock* de entrada, estas são transportadas por três operadores de suporte para um respetivo *separator próximo à queue* modelada, junto do tapete de divisão, sempre que esta esteja vazia. O elemento *separator* irá permitir transformar as paletes nos objetos a dividir. Para simular a capacidade de armazenamento das paletes/contentores foram parametrizados elementos *queue* com capacidade igual ao conversor apurado para cada uma das unidades agregadoras de tráfego.

Com o intuito de simular a matriz de dispersão de tráfego, é atribuída, a cada um dos objetos que entra na *queue*, junto do tapete de divisão, uma *label* com uma variável numérica que é gerada através de uma matriz de probabilidades. O valor atribuído a esta *label* tem como base as percentagens resultantes dos agrupamentos realizados em cada uma das ramificações da linha e o código que o origina está presente no Anexo B – Código B.16.

Os objetos são direcionados para cada uma das ramificações da linha através de dois *decision points* programados para enviar os objetos para os respetivos tapetes com base na *label* anteriormente referida.

Ao saírem dos últimos tramos de tapetes automáticos, é gerado um evento em que os objetos recebem uma *label* numérica para posteriormente serem divididos para o respetivo contentor. Para a atribuição desta *label* são usados códigos que estão presentes no Anexo B – Código B.17, Código B.18, Código B.19 e Código B.20;

- **Dados das tarefas operacionais e coeficientes de produtividade** – de forma a simular as tarefas realizadas pelos operadores, recorreu-se ao módulo *process flow* para programar a atividade nas tarefas de suporte, de indução, triagem, divisão e a capacidade de acumulação do tapete gravítico no final da linha manual. Este módulo permite programar a lógica do sistema e integrá-la no modelo 3D. Nestas lógicas e nas posições de trabalho devidas foram integrados os coeficientes de produtividade através da parametrização das funções de distribuição de probabilidade definidas na Tabela 3.4, na Tabela 4.1, Tabela 4.2 e na Figura 4.7. Os códigos criados no *process flow* estão presentes no Anexo B – Código B.21. Para o correto dimensionamento do número de recursos na tarefa de divisão dos objetos com recurso à luva com OCR e da triagem, foram realizadas várias iterações, por via da simulação, de forma a obter o número de operadores necessário à realização destas tarefas sem criar nos tapetes filas de espera incomportáveis.

Com o modelo parametrizado e o número de recursos humanos definido foi realizada a simulação, na janela horária definida, para obtenção dos resultados.

4.3.1.5 Divisão Regional – Configuração Linha

Para a construção desta simulação foram utilizadas todas as variáveis de *input* do processo anteriormente referidas. Começou-se por carregar a planta à escala no *software* para o desenho do *layout* da operação. Em seguida, foi necessário selecionar os objetos da biblioteca necessários (*sources, operators, queues, stations, separators* e *conveyors*) e arrastá-los para a janela de projeto, de modo a criar o *layout* em 3D (Figura 4.12).



Figura 4.12 - Simulação FlexSim – Divisão Regional – configuração Linha

Fonte: Elaboração própria

Foi modelado 1 operador na tarefa de indução, de forma a satisfazer a produção estimada necessária de 450 objetos/hora. Sendo o novo módulo de pesagem dinâmico acoplado aos tapetes automáticos, este está representado na Figura 4.12, mas nesta divisão os objetos não são pesados. Os tipos de *conveyors* utilizados na simulação e todas as suas propriedades estão presentes no Anexo A – Tabela A.11.

Para simulação da introdução de contentores para a zona de stock de entrada, foi parametrizado um elemento *source*, através de uma tabela (*Arrival Schedule*) presente no Anexo A – Tabela A.6, que gera itens que representam os contentores. A criação destes itens não segue nenhuma regra em específico, uma vez que os contentores resultantes da divisão nacional, e cujos objetos vão passar pela divisão regional, já se encontram no próprio centro. Cada elemento da janela do programa foi parametrizado de acordo com os dados das variáveis de *input* anteriormente identificadas:

- **Dados da matriz de dispersão de tráfego e conversores de objetos por contentor** – Após os contentores entrarem na zona de *stock* de entrada, estes são transportados por um operador de suporte para um respetivo *separator*, próximo à *queue* modelada, junto do tapete de divisão, sempre que esta esteja vazia. O elemento *separator* irá permitir transformar os contentores nos objetos a dividir. Para simular a capacidade de armazenamento dos contentores foram parametrizados elementos *queue* com capacidade igual ao conversor apurado para cada uma das unidades agregadoras de tráfego.

Com o intuito de simular a matriz de dispersão de tráfego, é atribuída, a cada um dos objetos que entra na *queue*, junto do tapete de divisão, uma *label* com uma variável numérica que é gerada através de uma matriz de probabilidades, que tem como base as percentagens presentes na matriz de dispersão de tráfego apurada. Assim, com base nessa variável o objeto é dividido posteriormente para o respetivo contentor. Para a atribuição desta *label* é usado um código presente no Anexo B – Código B.22;

- **Dados das tarefas operacionais e coeficientes de produtividade** – de forma a simular as tarefas realizadas pelos operadores, recorreu-se ao módulo *process flow* para programar a atividade nas tarefas de suporte, de indução, divisão e a capacidade de acumulação do tapete gravítico no final da linha manual. Este módulo permite programar a lógica do sistema e integrá-la no modelo 3D. Nestas lógicas e nas posições de trabalho devidas foram integrados os coeficientes de produtividade através da parametrização das funções de distribuição de probabilidade definidas na Tabela 3.4, Tabela 4.2 e na Figura 4.7. Os códigos criados no *process flow* estão presentes no Anexo B – Código B.23. Para o correto dimensionamento do número de recursos na tarefa de divisão dos objetos com recurso à luva com OCR, foram realizadas

várias iterações, por via da simulação, de forma a obter o número de operadores necessário à realização destas tarefas sem criar nos tapetes filas de espera incontroláveis.

Com o modelo parametrizado e o número de recursos humanos definido foi realizada a simulação, na janela horária definida, para obtenção dos resultados.

4.3.1.6 Divisão Regional – Configuração T

Para a construção desta simulação foram utilizadas todas as variáveis de *input* do processo anteriormente referidas. Começou-se por carregar a planta à escala no *software* para o desenho do *layout* da operação. Em seguida, foi necessário selecionar os objetos da biblioteca necessários (*sources, operators, queues, stations, separators* e *conveyors*) e arrastá-los para a janela de projeto, de modo a criar o *layout* em 3D (Figura 4.13).

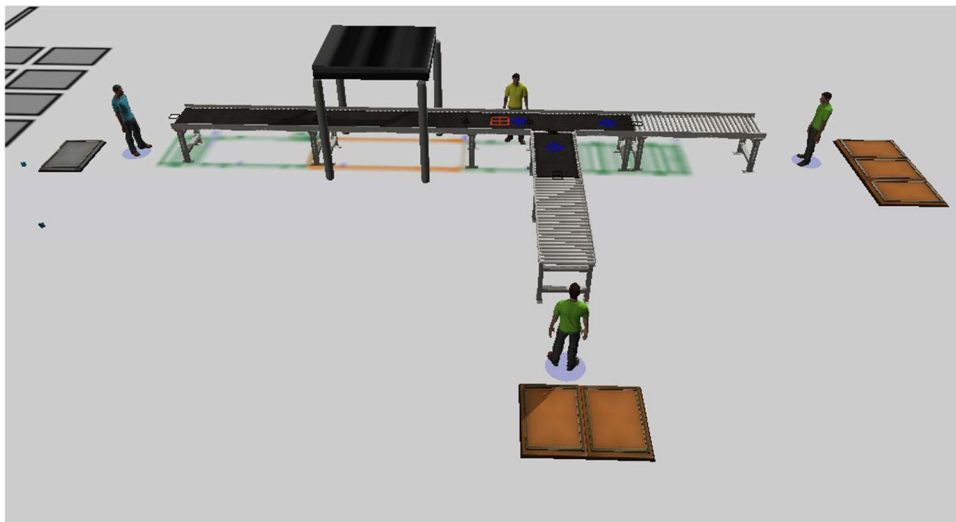


Figura 4.13 - Simulação FlexSim – Divisão Regional – configuração T

Fonte: Elaboração própria

Foi modelado 1 operador na tarefa de indução, de forma a satisfazer a produção estimada necessária de 450 objetos/hora. Sendo o novo módulo de pesagem dinâmico acoplado aos tapetes automáticos, este está representado na Figura 4.13, mas nesta divisão os objetos não são pesados. Os tipos de *conveyors* utilizados na simulação e todas as suas propriedades estão presentes no Anexo A – Tabela A.11.

Tratando-se da configuração T, a linha foi repartida em duas ramificações: uma ramificação com 3 destinos e outra com 2 destinos. O agrupamento dos destinos, teve como base a matriz de dispersão

de tráfego presente na Tabela 3.3 e teve como objetivo dividir o mais equitativamente possível o tráfego pelas duas ramificações: 1ª ramificação: CD 4 e CD 5; 2ª ramificação: CD 1, CD 2 e CD 3.

Para simulação da introdução de contentores para a zona de stock de entrada, foi parametrizado um elemento *source*, através de uma tabela (*Arrival Schedule*) presente no Anexo A – Tabela A.6, que gera itens que representam os contentores. A criação destes itens não segue nenhuma regra em específico, uma vez que os contentores resultantes da divisão nacional, e cujos objetos vão passar pela divisão regional, já se encontram no próprio centro. Cada elemento da janela do programa foi parametrizado de acordo com os dados das variáveis de *input* anteriormente identificadas:

- **Dados da matriz de dispersão de tráfego e conversores de objetos por contentor** – Após os contentores entrarem na zona de *stock* de entrada, estes são transportados por um operador de suporte para um respetivo *separator*, próximo à *queue* modelada, junto do tapete de divisão, sempre que esta esteja vazia. O elemento *separator* irá permitir transformar os contentores nos objetos a dividir. Para simular a capacidade de armazenamento dos contentores foram parametrizados elementos *queue* com capacidade igual ao conversor apurado para cada uma das unidades agregadoras de tráfego.

Com o intuito de simular a matriz de dispersão de tráfego, é atribuída, a cada um dos objetos que entra na *queue*, junto do tapete de divisão, uma *label* com uma variável numérica que é gerada através de uma matriz de probabilidades. O valor atribuído a esta *label* tem como base as percentagens resultantes dos agrupamentos realizados em cada uma das ramificações da linha e o código que o origina está presente no Anexo B – Código B.24.

Os objetos são direcionados para cada uma das ramificações da linha através de um *decision point* programado para enviar os objetos para os respetivos tapetes com base na *label* anteriormente referida.

Ao saírem dos últimos tramos de tapetes automáticos, é gerado um evento em que os objetos recebem uma *label* numérica para posteriormente serem divididos para o respetivo contentor. Para a atribuição desta *label* são usados códigos que estão presentes no Anexo B – Código B.25 e Código B.26;

- **Dados das tarefas operacionais e coeficientes de produtividade** – de forma a simular as tarefas realizadas pelos operadores, recorreu-se ao módulo *process flow* para programar a atividade nas tarefas de suporte, de indução, triagem, divisão e a capacidade de acumulação do tapete gravítico no final da linha manual. Este módulo permite programar a lógica do sistema e integrá-la no modelo 3D. Nestas lógicas e nas posições de trabalho devidas foram integrados os coeficientes de produtividade através da parametrização das funções de

distribuição de probabilidade definidas na Tabela 3.4, Tabela 4.1, Tabela 4.2 e na Figura 4.7. Os códigos criados no *process flow* estão presentes no Anexo B – Código B.27. Para o correto dimensionamento do número de recursos na tarefa de divisão dos objetos com recurso à luva com OCR e da triagem, foram realizadas várias iterações, por via da simulação, de forma a obter o número de operadores necessário à realização destas tarefas sem criar nos tapetes filas de espera incomportáveis.

Com o modelo parametrizado e o número de recursos humanos definido foi realizada a simulação, na janela horária definida, para obtenção dos resultados.

4.3.1.7 Divisão Regional – Configuração Cruz

A construção desta simulação não foi realizada, pois ao simular as configurações anteriores e ao analisar os seus resultados chegou-se à conclusão de que esta simulação não faria sentido. Na discussão dos resultados serão apresentados os motivos pelos quais esta simulação não foi realizada.

4.3.1.8 Divisão Regional – Configuração T+

De igual forma, a construção desta simulação não foi realizada, pois ao simular as configurações anteriores e ao analisar os seus resultados chegou-se à conclusão de que esta simulação não faria sentido. Na discussão dos resultados serão apresentados os motivos pelos quais esta simulação não foi realizada.

4.3.2 Simulação – Fase Dispersão

4.3.2.1 Divisão Rotas Distribuição – Configuração Linha

A construção desta simulação não foi realizada, pois existem 40 rotas de distribuição e este número não respeita a restrição operacional que estabelece que o máximo de destinos por anel de divisão são 20.

4.3.2.2 Divisão Rotas Distribuição – Configuração T

Para a construção desta simulação foram utilizadas todas as variáveis de *input* do processo anteriormente referidas. Começou-se por carregar a planta à escala no *software* para o desenho do *layout* da operação. Em seguida, foi necessário selecionar os objetos da biblioteca necessários (*sources, operators, queues, stations, separators* e *conveyors*) e arrastá-los para a janela de projeto, de modo a criar o *layout* em 3D (Figura 4.14).

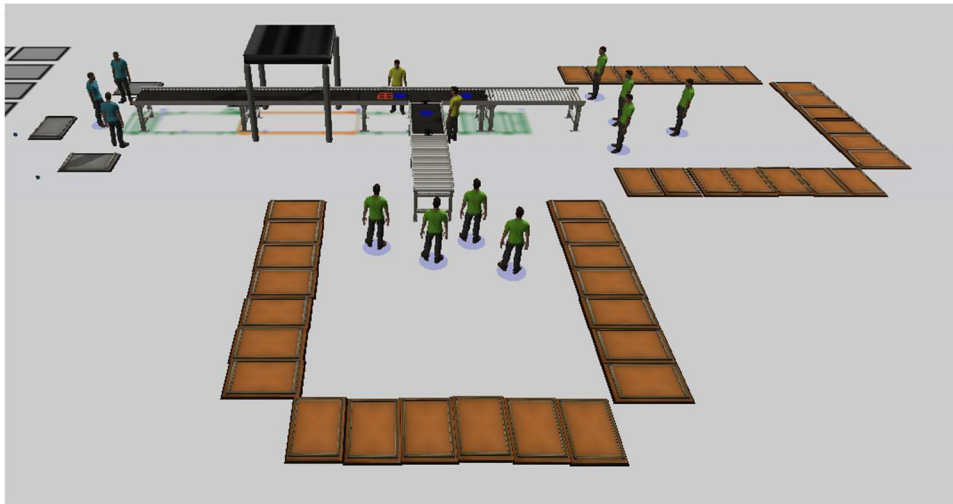


Figura 4.14 - Simulação FlexSim – Divisão Rotas Distribuição – configuração T

Fonte: Elaboração própria

Foram modelados 3 operadores na tarefa de indução, de forma a satisfazer a produção estimada necessária de 1500 objetos/hora. Sendo o novo módulo de pesagem dinâmico acoplado aos tapetes automáticos, este está representado na Figura 4.14, mas nesta divisão os objetos não são pesados. Os tipos de *conveyors* utilizados na simulação e todas as suas propriedades estão presentes no Anexo A – Tabela A.12.

Tratando-se da configuração T, a linha foi repartida em duas ramificações, cada uma com 20 destinos. O agrupamento dos destinos, teve como base o pressuposto que as 40 rotas de distribuição têm a mesma percentagem ao nível da dispersão de tráfego.

Para simulação da descarga de paletes para a zona de stock de entrada, foram parametrizados três elementos *source*, através de tabelas (*Arrival Schedule*) presentes no Anexo A – Tabela A.7; Tabela A.8; Tabela A.9, que geram itens que representam as paletes. A criação destes itens respeita o diagrama de carga de ligações presente na Figura 3.8. Cada elemento da janela do programa foi parametrizado de acordo com os dados das variáveis de *input* anteriormente identificadas:

- **Dados da matriz de dispersão de tráfego e conversores de objetos por contentor** – Após as paletes entrarem na zona de *stock* de entrada, estas são transportados por três operadores de suporte para um respetivo *separator*, próximo à *queue* modelada, junto do tapete de divisão, sempre que esta esteja vazia. O elemento *separator* irá permitir transformar as paletes nos objetos a dividir. Para simular a capacidade de armazenamento das paletes/contentores foram parametrizados elementos *queue* com capacidade igual ao conversor apurado para cada uma das unidades agregadoras de tráfego.

Com o intuito de simular a matriz de dispersão de tráfego, é atribuída, a cada um dos objetos que entra na *queue*, junto do tapete de divisão, uma *label* com uma variável numérica que é gerada através de uma matriz de probabilidades. O valor atribuído a esta *label* tem como base as percentagens resultantes dos agrupamentos realizados em cada uma das ramificações da linha e o código que o origina está presente no Anexo B – Código B.28.

Os objetos são direcionados para cada uma das ramificações da linha através de um *decision point* programado para enviar os objetos para os respetivos tapetes com base na *label* anteriormente referida.

Ao saírem dos últimos tramos de tapetes automáticos, é gerado um evento em que os objetos recebem uma *label* numérica para posteriormente serem divididos para o respetivo contentor. Para a atribuição desta *label* são usados códigos que estão presentes no Anexo B – Código B.29 e Código B.30;

- **Dados das tarefas operacionais e coeficientes de produtividade** – de forma a simular as tarefas realizadas pelos operadores, recorreu-se ao módulo *process flow* para programar a atividade nas tarefas de suporte, de indução, triagem, divisão e a capacidade de acumulação do tapete gravítico no final da linha manual. Este módulo permite programar a lógica do sistema e integrá-la no modelo 3D. Nestas lógicas e nas posições de trabalho devidas foram integrados os coeficientes de produtividade através da parametrização das funções de distribuição de probabilidade definidas na Tabela 3.4, Tabela 4.1, Tabela 4.2 e na Figura 4.7. Os códigos criados no *process flow* estão presentes no Anexo B – Código B.31. Para o correto dimensionamento do número de recursos na tarefa de divisão dos objetos com recurso à luva com OCR e da triagem, foram realizadas várias iterações, por via da simulação, de forma a obter o número de operadores necessário à realização destas tarefas sem criar nos tapetes filas de espera incomportáveis.

Com o modelo parametrizado e o número de recursos humanos definido foi realizada a simulação, na janela horária definida, para obtenção dos resultados.

4.3.2.3 Divisão Rotas Distribuição – Configuração Cruz

Para a construção desta simulação foram utilizadas todas as variáveis de *input* do processo anteriormente referidas. Começou-se por carregar a planta à escala no *software* para o desenho do *layout* da operação. Em seguida, foi necessário selecionar os objetos da biblioteca necessários (*sources, operators, queues, stations, separators* e *conveyors*) e arrastá-los para a janela de projeto, de modo a criar o *layout* em 3D (Figura 4.15).



Figura 4.15 - Simulação FlexSim – Divisão Rotas Distribuição – configuração Cruz

Fonte: Elaboração própria

Foram modelados 3 operadores na tarefa de indução, de forma a satisfazer a produção estimada necessária de 1500 objetos/hora. Sendo o novo módulo de pesagem dinâmico acoplado aos tapetes automáticos, este está representado na Figura 4.15, mas nesta divisão os objetos não são pesados. Os tipos de *conveyors* utilizados na simulação e todas as suas propriedades estão presentes no Anexo A – Tabela A.12.

Tratando-se da configuração Cruz, a linha foi repartida em três ramificações: duas com 13 destinos e uma com 14 destinos. O agrupamento dos destinos, teve como base o pressuposto que as 40 rotas de distribuição têm a mesma percentagem ao nível da dispersão de tráfego.

Para simulação da descarga de paletes para a zona de stock de entrada, foram parametrizados três elementos *source*, através de tabelas (*Arrival Schedule*) presentes no Anexo A – Tabela A.7; Tabela A.8; Tabela A.9, que geram itens que representam as paletes. A criação destes itens respeita o diagrama de carga de ligações presente na Figura 3.8. Cada elemento da janela do programa foi parametrizado de acordo com os dados das variáveis de *input* anteriormente identificadas:

- **Dados da matriz de dispersão de tráfego e conversores de objetos por contentor** – Após as paletes entrarem na zona de *stock* de entrada, estas são transportados por três operadores de suporte para um respetivo *separator*, próximo à *queue* modelada, junto do tapete de divisão, sempre que esta esteja vazia. O elemento *separator* irá permitir transformar as paletes nos objetos a dividir. Para simular a capacidade de armazenamento das paletes/contentores foram

parametrizados elementos *queue* com capacidade igual ao conversor apurado para cada uma das unidades agregadoras de tráfego.

Com o intuito de simular a matriz de dispersão de tráfego, é atribuída, a cada um dos objetos que entra na *queue*, junto do tapete de divisão, uma *label* com uma variável numérica que é gerada através de uma matriz de probabilidades. O valor atribuído a esta *label* tem como base as percentagens resultantes dos agrupamentos realizados em cada uma das ramificações da linha e o código que o origina está presente no Anexo B – Código B.32.

Os objetos são direcionados para cada uma das ramificações da linha através de um *decision point* programado para enviar os objetos para os respetivos tapetes com base na *label* anteriormente referida.

Ao saírem dos últimos tramos de tapetes automáticos, é gerado um evento em que os objetos recebem uma *label* numérica para posteriormente serem divididos para o respetivo contentor. Para a atribuição desta *label* são usados códigos que estão presentes no Anexo B – Código B.33; Código B.34 e Código B.35;

- **Dados das tarefas operacionais e coeficientes de produtividade** – de forma a simular as tarefas realizadas pelos operadores, recorreu-se ao módulo *process flow* para programar a atividade nas tarefas de suporte, de indução, triagem, divisão e a capacidade de acumulação do tapete gravítico no final da linha manual. Este módulo permite programar a lógica do sistema e integrá-la no modelo 3D. Nestas lógicas e nas posições de trabalho devidas foram integrados os coeficientes de produtividade através da parametrização das funções de distribuição de probabilidade definidas na Tabela 3.4, Tabela 4.1, Tabela 4.2 e na Figura 4.7. Os códigos criados no *process flow* estão presentes no Anexo B – Código B.36. Para o correto dimensionamento do número de recursos na tarefa de divisão dos objetos com recurso à luva com OCR e da triagem, foram realizadas várias iterações, por via da simulação, de forma a obter o número de operadores necessário à realização destas tarefas sem criar nos tapetes filas de espera incomportáveis.

Com o modelo parametrizado e o número de recursos humanos definido foi realizada a simulação, na janela horária definida, para obtenção dos resultados.

4.3.2.4 Divisão Rotas Distribuição – Configuração T+

Para a construção desta simulação foram utilizadas todas as variáveis de *input* do processo anteriormente referidas. Começou-se por carregar a planta à escala no *software* para o desenho do *layout* da operação. Em seguida, foi necessário selecionar os objetos da biblioteca necessários

(*sources, operators, queues, stations, separators* e *conveyors*) e arrastá-los para a janela de projeto, de modo a criar o *layout* em 3D (Figura 4.16).

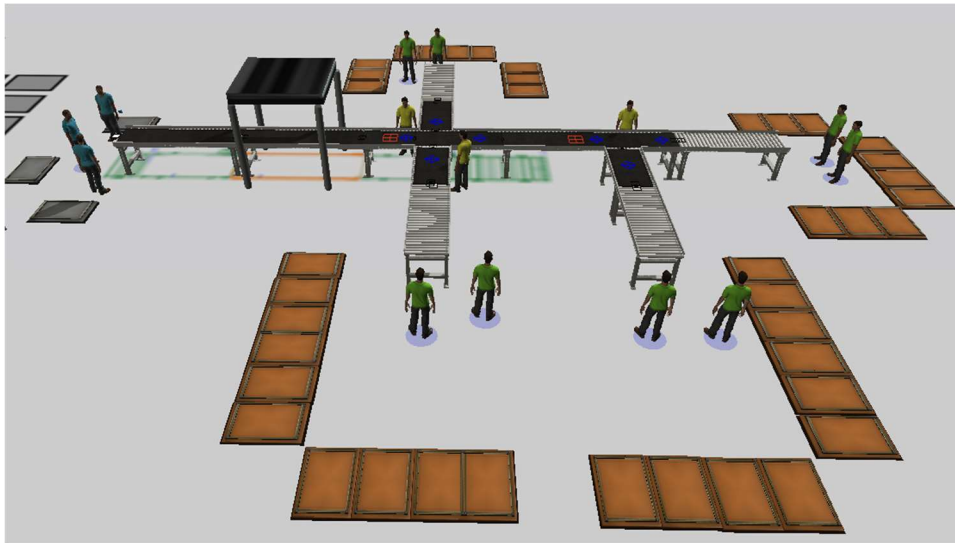


Figura 4.16 - Simulação FlexSim – Divisão Rotas Distribuição – configuração T+

Fonte: Elaboração própria

Foram modelados 3 operadores na tarefa de indução, de forma a satisfazer a produção estimada necessária de 1500 objetos/hora. Sendo o novo módulo de pesagem dinâmico acoplado aos tapetes automáticos, este está representado na Figura 4.16, mas nesta divisão os objetos não são pesados. Os tipos de *conveyors* utilizados na simulação e todas as suas propriedades estão presentes no Anexo A – Tabela A.12.

Tratando-se da configuração T+, a linha foi repartida em quatro ramificações, cada uma com 10 destinos. O agrupamento dos destinos, teve como base o pressuposto que as 40 rotas de distribuição têm a mesma percentagem ao nível da dispersão de tráfego.

Para simulação da descarga de paletes para a zona de stock de entrada, foram parametrizados três elementos *source*, através de tabelas (*Arrival Schedule*) presentes no Anexo A – Tabela A.7; Tabela A.8; Tabela A.9, que geram itens que representam as paletes. A criação destes itens respeita o diagrama de carga de ligações presente na Figura 3.8. Cada elemento da janela do programa foi parametrizado de acordo com os dados das variáveis de *input* anteriormente identificadas:

- **Dados da matriz de dispersão de tráfego e conversores de objetos por contentor** – Após as paletes entrarem na zona de *stock* de entrada, estas são transportados por três operadores de suporte para um respetivo *separator*, próximo à *queue* modelada, junto do tapete de divisão, sempre que esta esteja vazia. O elemento *separator* irá permitir transformar as paletes nos

objetos a dividir. Para simular a capacidade de armazenamento das paletes/contentores foram parametrizados elementos *queue* com capacidade igual ao conversor apurado para cada uma das unidades agregadoras de tráfego.

Com o intuito de simular a matriz de dispersão de tráfego, é atribuída, a cada um dos objetos que entra na *queue*, junto do tapete de divisão, uma *label* com uma variável numérica que é gerada através de uma matriz de probabilidades. O valor atribuído a esta *label* tem como base as percentagens resultantes dos agrupamentos realizados em cada uma das ramificações da linha e o código que o origina está presente no Anexo B – Código B.37.

Os objetos são direcionados para cada uma das ramificações da linha através de dois *decision points* programados para enviar os objetos para os respetivos tapetes com base na *label* anteriormente referida.

Ao saírem dos últimos tramos de tapetes automáticos, é gerado um evento em que os objetos recebem uma *label* numérica para posteriormente serem divididos para o respetivo contentor. Para a atribuição desta *label* são usados códigos que estão presentes no Anexo B – Código B.38; Código B.39; Código B.40 e Código B.41;

- **Dados das tarefas operacionais e coeficientes de produtividade** – de forma a simular as tarefas realizadas pelos operadores, recorreu-se ao módulo *process flow* para programar a atividade nas tarefas de suporte, de indução, triagem, divisão e a capacidade de acumulação do tapete gravítico no final da linha manual. Este módulo permite programar a lógica do sistema e integrá-la no modelo 3D. Nestas lógicas e nas posições de trabalho devidas foram integrados os coeficientes de produtividade através da parametrização das funções de distribuição de probabilidade definidas na Tabela 3.4, Tabela 4.1, Tabela 4.2 e na Figura 4.7. Os códigos criados no *process flow* estão presentes no Anexo B – Código B.42. Para o correto dimensionamento do número de recursos na tarefa de divisão dos objetos com recurso à luva com OCR e da triagem, foram realizadas várias iterações, por via da simulação, de forma a obter o número de operadores necessário à realização destas tarefas sem criar nos tapetes filas de espera incomportáveis.

Com o modelo parametrizado e o número de recursos humanos definido foi realizada a simulação, na janela horária definida, para obtenção dos resultados.

4.4 Resultados e Análise

De forma a resumir os resultados obtidos nas simulações dos cenários das propostas de melhoria, apresenta-se a Tabela 4.4:

Tabela 4.4 - Resumo dos resultados obtidos nas simulações dos cenários das propostas de melhoria no software FlexSim

Fase	Divisão	Configuração	Produção (Nº objetos divididos)	Tempo simulação (h)	Nº operadores							Nº total operadores	Produtividade (Nº Obj/(h.Hm))	Respeita as restrições operacionais?
					Posto Indução	Posto Triagem	Posto Triagem 2	Anel Divisão 1	Anel Divisão 2	Anel Divisão 3	Anel Divisão 4			
Concentração	Nacional	Linha	5000	4	3	0	0	6	0	0	0	9	138	Não
		T	5000	4	3	2	0	3	3	0	0	11	113	Sim
		Cruz	5000	4	3	2	0	2	2	2	0	12	104	Sim
		T+	5000	4	3	2	1	2	2	2	2	14	89	Sim
	Regional	Linha	900	2	1	0	0	2	0	0	0	3	150	Sim
		T	900	2	1	1	0	1	1	0	0	4	112	Sim
		Cruz	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		T+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dispersão	Rotas Distribuição	Linha	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Não
		T	6000	4	3	2	0	4	4	0	0	13	115	Sim
		Cruz	6000	4	3	2	0	3	3	3	0	14	107	Sim
		T+	6000	4	3	2	1	2	2	2	2	14	107	Sim

Fonte: Elaboração própria

Analisando os resultados da Tabela 4.4, chega-se à conclusão de que, dos cenários propostos, existem dois que não respeitam as restrições operacionais: o primeiro é o da configuração em linha na divisão nacional. Através das várias iterações de simulações para o dimensionamento dos recursos humanos necessários para a tarefa de divisão, chegou-se à conclusão de que seriam precisos 6 recursos no mesmo anel de divisão. Esta conclusão invalida este cenário pois, só são permitidos até 4 recursos humanos por anel de divisão; o segundo cenário é o da configuração em linha na divisão de rotas de distribuição. Este cenário não chegou a ser simulado, porque o facto de existirem 40 destinos no anel de divisão, invalidava, logo à partida, a restrição operacional que define que por anel de divisão só podem existir no máximo 20 destinos. Assim, conclui-se através da simulação que estes dois cenários são impraticáveis.

Outra análise a ser feita, prende-se com o facto de não terem sido realizadas as simulações das configurações em cruz e T+ na divisão regional. Este aspeto deve-se ao facto de as simulações e a respetiva análise de resultados terem sido realizadas na mesma ordem que estão apresentadas na tabela 4.4. Como se pode observar nos resultados, na configuração em T, na divisão regional, constam 4 recursos humanos necessários, dos quais um para a tarefa de indução, outro para a tarefa de triagem e um para cada um dos dois anéis de divisão. Ora, na configuração em cruz iria-se manter igual o número de recursos nas tarefas de indução e de triagem, uma vez que se mantêm as variáveis de produção e janela horária, prevendo-se que só iria aumentar, pelo menos, um recurso humano no terceiro anel de divisão. Assim, tendo mais um recurso humano do que o cenário da configuração em T, a sua produtividade seria menor, o que não justificou a realização da sua simulação. O mesmo acontece com o cenário da configuração em T+, onde se prevê que iriam ser necessários mais um recurso, pelo menos, para o segundo posto de triagem e mais um recurso humano para o quarto anel de divisão, o que uma vez mais conduziria a uma menor produtividade e consequentemente não justificou a sua simulação.

Analisando os resultados das restantes simulações, chega-se à conclusão de que em todos estes cenários a produção necessária é satisfeita, na janela horária disponível para a divisão dos objetos. Pela comparação e análise das produtividades obtidas em cada um dos cenários, conclui-se que a configuração T é a configuração ótima na divisão nacional e na divisão das rotas de distribuição e a configuração em linha é a configuração ótima na divisão regional.

Assim, construiu-se a Tabela 4.5 para comparação dos resultados obtidos, nas simulações das configurações ótimas em cada tipo de divisão, com os dados e resultados do processo que ainda está atualmente implementado.

Tabela 4.5 - Comparação dos resultados obtidos nas simulações dos cenários das configurações ótimas com os resultados do processo atual implementado

Fase	Divisão	Configuração	Produção (Nº objetos divididos)	Tempo simulação (h)	Nº operadores								Nº total operadores	Produtividade (Nº Obj/(h.Hm))
					Posto Indução	Posto Picagem CB	Posto Triagem	Posto Triagem 2	Anel Divisão 1	Anel Divisão 2	Anel Divisão 3	Anel Divisão 4		
Concentração	Nacional	Processo atual												
		Linha	1990	4	1	1	0	0	4	0	0	0	6	82
		Proposta de melhoria												
		T	5000	4	3	0	2	0	3	3	0	0	11	113
	Regional	Processo atual												
		Linha	320	0,66	1	0	0	0	4	0	0	0	5	96
Proposta de melhoria														
	Linha	900	2	1	0	0	0	2	0	0	0	3	150	
Dispersão	Rotas Distribuição	Processo atual												
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
		Proposta de melhoria												
		T	6000	4	3	0	2	0	4	4	0	0	13	115

Fonte: Elaboração própria

Pela análise dos resultados da Tabela 4.5, constata-se que com a implementação da configuração em T e das restantes propostas de melhoria nas tarefas operacionais, na divisão nacional, o objetivo de dividir 5000 objetos é cumprido. Este processo tem um aumento na produção de 151% comparativamente ao processo que está atualmente implementado. Verifica-se que a produtividade também é superior em 37 % face ao processo atual. Por outro lado, existe um aumento no número de tapetes/equipamentos utilizados e também um aumento de 83% no número de recursos humanos utilizados no processo.

Na divisão regional, mantendo a configuração em linha e implementando as restantes propostas de melhoria nas tarefas operacionais, o objetivo de dividir 900 objetos é cumprido. Este processo tem um aumento na produção de 181% comparativamente ao processo que está atualmente implementado. Verifica-se que a produtividade também é superior em 56% face ao processo atual. Existe uma diminuição de 40% no número de recursos humanos utilizados no processo, o que constitui uma otimização do sistema.

Na divisão das rotas de distribuição, implementando a configuração em T e as restantes propostas de melhoria nas tarefas operacionais, o objetivo de realizar esta divisão no CST para a ser possível e cumpre-se o valor da produção necessária. A única análise passível de ser realizada nesta situação, é a de que este processo atualmente não existe trazendo um acréscimo de tarefas e custos nos CPT, a possibilidade da existência deste processo conduz a otimizações ao nível dos recursos e dos custos que será posteriormente analisada.

Como conclusão desta análise, os resultados das simulações mostram que as implementações de todas as propostas de melhoria sugeridas iriam trazer ganhos para a operação da empresa. Ao nível dos tapetes de divisão seria necessário investir na aquisição dos equipamentos para a constituição da configuração em T, sendo que na divisão regional, o processo funcionaria apenas em linha.

4.5 Análise do retorno financeiro do projeto

De forma a complementar o estudo feito por via da simulação, realizou-se uma análise de investimento com o intuito de perceber se o investimento neste projeto é viável. Para isso foram estabelecidos dois cenários: o cenário A, em que é simulado o investimento no projeto; o cenário B, em que o investimento não é realizado e o fluxo se mantém igual. Estes dois cenários têm o objetivo de permitir estimar qual o retorno dos mesmos e estimar qual o retorno a mais face a não investir.

A estimativa dos custos e dos ganhos operacionais foi realizada pelos departamentos financeiros e contabilísticos, tendo sido estes fornecidos ao departamento de operações. Nas Tabela 4.6 e Tabela 4.7 são apresentados os custos e os ganhos estimados no cenário A, respetivamente.

Tabela 4.6 - Estimativa de custos do cenário A

Custos	Valor (€)
Aquisição da configuração "T"	51.000
Aquisição do módulo de pesagem	30.000
Aquisição das luvas com tecnologia OCR	20.000
Desenvolvimento do novo sistema aplicacional	20.000
Instalação <i>hardware</i>	20.000
Custo anual de manutenção	10.000
Custo anual com os recursos humanos	480.000

Fonte: Elaboração própria

Tabela 4.7 - Estimativa de ganhos do cenário A

Ganhos	Valor (€)
Relacionados com os objetos divididos na divisão nacional	187.500
Relacionados com os objetos divididos na divisão regional	11.250
Relacionados com os objetos divididos na divisão por rotas	270.000
Relacionados com a redução de atividade e sinergias nos CPT	187.500
Relacionados com a redução de atividade e sinergias nos CD	225.000

Fonte: Elaboração própria

Nas Tabela 4.8 e Tabela 4.9 são apresentados os custos e os ganhos estimados no cenário B, respetivamente.

Tabela 4.8 - Estimativa de custos do cenário B

Custos	Valor (€)
Anual de manutenção	5.000
Anual com os recursos humanos	120.000
Anual pela divisão nacional realizada nos CPT	75.250
Anual pela divisão por rotas realizada nos CD	150.000

Fonte: Elaboração própria

Tabela 4.9 - Estimativa de ganhos do cenário B

Ganhos	Valor (€)
Relacionados com os objetos divididos na divisão nacional	187.500
Relacionados com os objetos divididos na divisão regional	11.250
Relacionados com os objetos divididos na divisão por rotas	270.000

Fonte: Elaboração própria

Como ferramentas a aplicar na análise do retorno financeiro utilizaram-se o VAL (Valor anual líquido), o PRC (Período de recuperação do capital) e a TIR (taxa interna de rentabilidade).

Para efeitos dos cálculos, considerou-se:

- Uma taxa de atualização igual a 15% (percentagem baseada em estudos de mercado realizados);
- Uma taxa mínima de atratividade de 15% (valor definido internamente na empresa).

A partir destes valores, foi determinado o VAL, através fórmula (2.4.1).

Foi também calculado o PRC através da seguinte fórmula:

$$\sum_{t=1}^n Rt \times (1+i)^{-t} = \sum_{t=0}^{n-1} Dt \times (1+i)^{-t} \quad (4.5.1)$$

em que i é a taxa de atualização, R são as receitas, D são as despesas e n o número de períodos.

Na Tabela 4.10 apresentam-se os resultados dos cálculos efetuados para o cenário A.

Tabela 4.10 - Estudo de retorno de investimento do cenário A

Período	0	1	2	3	4	5
Receitas anuais	0	468 750,00 €	468 750,00 €	468 750,00 €	468 750,00 €	468 750,00 €
Ganhos anuais (CPT e CD)	0	206 250,00 €	412 500,00 €	412 500,00 €	412 500,00 €	412 500,00 €
Custos anuais	-621 000,00 €	-420 125,00 €	-490 000,00 €	-490 000,00 €	-490 000,00 €	-490 000,00 €
Cash-flow	-621 000,00 €	254 875,00 €	391 250,00 €	391 250,00 €	391 250,00 €	391 250,00 €
Fluxo descontado	-621 000,00 €	221 630,43 €	295 841,21 €	257 253,23 €	223 698,46 €	194 520,40 €
Fluxo acumulado	-621 000,00 €	-399 369,57 €	-103 528,36 €	153 724,87 €	377 423,33 €	571 943,73 €

Fonte: Elaboração própria

Para uma taxa de atualização de 15%, o VAL, no cenário A, ao fim de 5 anos é de 571.943,73 €. Foi também calculado o período de recuperação do capital, onde se obteve que a empresa demora cerca de 2 anos e 7 meses a recuperar o investimento realizado.

Para o cálculo da TIR, utilizou-se o seguinte cálculo, com base na equação (2.4.2):

$$0 = -621000 + \frac{254875}{(1+TIR)} + \frac{391250}{(1+TIR)^2} + \frac{391250}{(1+TIR)^3} + \frac{391250}{(1+TIR)^4} + \frac{391250}{(1+TIR)^5}$$

$$TIR = 46,7 \%$$

Na Tabela 4.11 apresentam-se os resultados dos cálculos efetuados para o cenário B.

Tabela 4.11 - Estudo de retorno do cenário B

Período	0	1	2	3	4	5
Receitas anuais	0	468 750,00 €	468 750,00 €	468 750,00 €	468 750,00 €	468 750,00 €
Ganhos anuais (CPT e CD)	0	-225 250,00 €	-225 250,00 €	-225 250,00 €	-225 250,00 €	-225 250,00 €
Custos anuais	-125 000,00 €	-125 000,00 €	-125 000,00 €	-125 000,00 €	-125 000,00 €	-125 000,00 €
Cash-flow	-125 000,00 €	118 500,00 €	118 500,00 €	118 500,00 €	118 500,00 €	118 500,00 €
Fluxo descontado	-125 000,00 €	103 043,48 €	89 603,02 €	77 915,67 €	67 752,76 €	58 915,44 €
Fluxo acumulado	-125 000,00 €	-21 956,52 €	67 646,50 €	145 562,18 €	213 314,94 €	272 230,38 €

Fonte: Elaboração própria

Para uma taxa de atualização de 15%, o VAL, no cenário B, ao fim de 5 anos é de 272.230,38 €.

No cenário A, conclui-se, através da análise do VAL, que o investimento no projeto terá um retorno positivo igual a 571.943,73 € (5 anos), ou seja, é um projeto viável economicamente e rende mais do que 15% ao ano. Pela análise do PRC conclui-se que todo o investimento feito será recuperado ao final de 2 anos e 7 meses. Por último, como a TIR obtida de 46,7% é superior à taxa de referência da empresa de 15%, conclui-se que o projeto deve ser realizado.

No cenário B, conclui-se, através da análise do VAL, que o negócio continuará a trazer retorno à empresa num valor de 272.230,38 € (5 anos).

Comparando o valor do VAL dos dois cenários, constata-se que o valor do VAL do cenário A é superior em 299.713,00€ relativamente ao cenário B. Ou seja, o cenário A mais que duplica os ganhos relativamente ao cenário B. Assim, é benéfico à empresa investir neste projeto de melhoria pois irá obter mais retorno face a continuar com o fluxo operacional na mesma neste CST.

5. Conclusões e Trabalhos Futuros

Nesta dissertação foi aplicada a simulação a um caso de estudo real sobre o dimensionamento de um sistema logístico para divisão de encomendas, com recurso ao software FlexSim. Não só foi aplicada a simulação à solução implementada atualmente, como também às futuras implementações de melhoria com cenários hipotéticos.

Com os resultados obtidos, conclui-se que a simulação através do FlexSim é uma ferramenta útil, principalmente para testar configurações e cenários antes da sua implementação real e averiguar a sua viabilidade. Esta afirmação pode ser corroborada com um dos resultados obtidos neste estudo: o cenário da divisão nacional, com as melhorias implementadas, é inválido, visto que, num anel de divisão seriam necessários 6 recursos humanos, existindo uma restrição operacional de, no máximo, 4 operadores por anel de divisão. Para além deste aspeto, a aderência do modelo de simulação foi verificada nas simulações do processo atual, pois os resultados obtidos estão em linha com os dados operacionais da empresa.

Com a aplicação dos modelos de simulação desenvolvidos em FlexSim e com as propostas de melhoria sugeridas, constata-se que os objetivos definidos inicialmente nesta dissertação são atingidos. Ao implementar uma configuração em T, a produção necessária na divisão nacional é garantida, aumentando 151%, e a produtividade deste processo é 37% superior face ao panorama atual; a produção necessária na divisão regional é satisfeita, tendo um aumento de 181% e a produtividade deste processo aumenta em 56% face ao processo atual; a produção necessária na divisão por rotas de distribuição é garantida, permitindo criar sinergias com os centros operacionais a montante e jusante e otimizar os seus processos e recursos. A análise de investimento realizada concluiu que o investimento neste projeto tem um retorno estimado positivo de 571.943,73€ em 5 anos; o projeto é viável economicamente e rende mais do que 15% ao ano; o investimento será recuperado ao final de 2 anos e 7 meses; o ganho para a empresa é superior em 110% com o investimento neste projeto, face a não investir.

Importa referir que este estudo foi apenas realizado para um CST da empresa, por questões de tempo, e, por isso, como sugestão de melhoria ou trabalho futuro, fica a aplicação destes modelos de simulação e propostas de melhoria aos restantes CST. Esta análise permitiria uma melhor avaliação da aplicabilidade do modelo de simulação e a validação de todos os pressupostos e variáveis utilizadas. Iria também permitir a realização de uma análise de investimento mais completa, uma vez que seriam contabilizadas todas as sinergias, otimizações e custos de forma global entre todos os nós da rede operacional. Outra sugestão de melhoria nesta dissertação e que pode servir também como trabalho futuro prende-se com um estudo detalhado e mais dedicado para a aferição dos coeficientes de

produtividade e a respectivas funções de distribuição de probabilidade usadas no modelo de simulação. Nomeadamente realizar as medidas reais dos tempos dos processos e compara-las com as estimativas consideradas através das distribuições triangulares. Estas variáveis são de extrema importância no modelo e a sua alteração pode condicionar fortemente os resultados. Devido à importância do projeto, seria bastante benéfico dedicar uma ação detalhada para a aferição destes coeficientes. Outra sugestão seria realizar uma análise mais detalhada às implicações tecnológicas associadas às várias soluções necessárias em cada configuração em relação aos tapetes. Estas implicações têm particular influência nos custos de investimento e nos tempos de produtividade. Caso existissem alterações significativas aos mesmos, deviam ser realizados os ajustes necessários aos modelos, com posterior análise dos respetivos resultados.

Referências Bibliográficas

- Altiok, T., & Melamed, B. (2007). *Simulation Modeling and Analysis with ARENA*. USA: Elsevier.
- Alves, J. (2021). *Modelação e Simulação de um Sistema Crossdocking com AS/RS integrado* (Tese de Mestrado, Instituto Superior de Engenharia do Porto)
- Banks, J. (1998). *Handbook of Simulation: Principles, Methodology, Advances, Applications, and Practice*. John Wiley & Sons, Inc.
- Banks, J. (2000). Introduction to simulation. Paper presented at the Winter Simulation Conference.
- Banks, J. (2003). *Discrete Event Simulation (Encyclopedia, Vol. 1)*, Elsevier Science (USA).
- Banks, J., Carson, J. S., Nelson, B. L., & Nicol, D. M. (2010). *Discrete-Event System Simulation*. Upper Saddle River, NJ: Pearson.
- Bhat, U. N. (2008). *An Introduction to Queueing Theory Modeling and Analysis in Applications*. Boston: Birkhauser Boston.
- Biller, B., & Gunes, C. (2010). Introduction to simulation input modeling. *Proceedings of the Winter Simulation Conference*, 49–58. Baltimore, Maryland: Winter Simulation Conference.
- Bourne, M. (2004). *Handbook of performance measurement*, 3rd edition, London: Thomson.
- Brealey, R., Myers, S. (1998). *Princípios de Finanças Empresariais*, 5ªed., McGraw-Hill. ISBN: 972-8298-48-X
- C. L. Palma. Flexsim software. Acedido a 13 de julho de 2023, de <http://www.leansimulation.org/exsimsoftware>.
- Cebola, A. (2005). *Elaboração e Análise de Projectos de Investimento*. Lisboa: Edições Sílabo
- Chandra, P. (2006). *Projects: planning, analysis, selection, financing, implementation and Review*. Nova York: McGraw-Hill
- Chen, J. C., and B. D. Christy. 1998. "A TQM Approach for Designing and Building Dedicated Machines and Equipment in-House." *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 14 (8): 563–569. ISSN: 0268-3768.

Chen, L.-H., Hu, D.-W. and Xu, T. (2013). Highway Freight Terminal Facilities Allocation based on Flexsim. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 96(Cictp), 368–381.

Cheng, Q., Shen, H., Chu, H., Liu, Z., Zhang, C., & Ren, J. (2020). Research on Logistics Simulation and Optimization of Die Forging Production Line Based on Flexsim. *Journal of Physics: Conference Series*, 1624(2), 022063.

Chung, C. A. (2003), *Simulation Modeling Handbook - A Practical Approach*, number Vi.

Damodaran, A. (2014). *Applied Corporate Finance* (4ª ed.). Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.

Datalogic. (2023, junho 8). Retail Manufacturing Transportation Logistics Healthcare. Acedido a 8 de junho de 2023, de <https://www.datalogic.com/eng/index.html>

Dias, A. (2020). *Inovação e Desenvolvimento de Novos Produtos: Metodologias e Ferramentas*. Documentos de Apoio à Unidade Curricular de Inovação e Desenvolvimento de Novos Produtos. Lisboa: IPL.

Dinis-Carvalho, J., Moreira, F., Bragança, S., Costa, E., Alves, A., & Sousa, R. (2014). Waste identification diagrams. *Production Planning and Control*.

Dolgui, A., Sgarbossa, F., & Simonetto, M. (2021). Design and management of assembly systems 4.0: Systematic literature review and research agenda. *International Journal of Production Research*, 60(1), 184–210.

Fernandes, A. (2005). *Gerenciamento de Riscos em Projetos: Como usar o Microsoft Excel para realizar a simulação Monte Carlo*.

FlexSim. (2023, julho 9). Site oficial FlexSim. Acedido a 9 de julho de 2023, de <https://www.flexsim.com/pt/>

FlexSim—About Us. (2023, julho 10). FlexSim. Acedido a 13 de julho de 2023, de <https://www.flexsim.com/company/>

FLEXSIM. (2023). Acedido a 13 de julho de 2023, de <https://www.exsim.com/exsim/>, maio, 2023.

Frapagne, G., de Koster, R., Sgarbossa, F., & Strandhagen, J. O. (2021). Planning and control of autonomous mobile robots for intralogistics: Literature review and research agenda. *European Journal of Operational Research*, 294(2), 405–426.

GetApp. (2023, julho 17). Business Software, Reviews and Comparasions. Acedido a 17 de julho de 2023, de <https://www.getapp.com/>

Gross, D., Shortie, J. F., Thompson, J. M., & Harris, C. M. (2008). Fundamentals of Queueing Theory. Fourth Edition. New York: John Wiley & Sons, Inc.

Hsu, H. P. (2020). Schaum's Outline of Probability, Random Variables, and Random Processes. McGraw-Hill Education.

Ingalls, R. G., & White, K. P. (2011). Introduction to Simulation. Phoenix, AZ: Paper presented at the Winter Simulation Conference.

Kelton, D. W., Sadowski, R. P., & Deborah, A. (2002). Simulation With Arena, Second Edition. WCB McGraw-Hill.

Kelton, D., Sadowski, R. P., & Sturrock, D. T. (2003). Simulation With Arena. McGraw-Hill Science/Engineering/Math.

Kendall, D. G. (1953). Stochastic Processes Occurring in the Theory of Queues and their Analysis by the Method of the Imbedded Markov Chain. The Annals of Mathematical Statistics, 24(3), 338–354.

Koller, T., Goedhart, M., Wessels, D., & Inc, M. &. (2005). Measuring and Managing the Value of Companies. Canada; New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.

Law, A. M. & Kelton W. D. (1991). Simulation Modeling & Analysis. 2ª ed., McGraw-Hill International Editions, New York.

Law, M.; Kelton, D. (2007). Simulation: Modeling and Analysis. Boston: Mcgraw – Hill.

Little, J. D. C. 1961. "A Proof for the Queuing Formula: $L = \lambda W$." Operations Research 9 (3): 383–387

Lucinda, M. A. (2010). Qualidade – Fundamentos e práticas para cursos de graduação. Rio de Janeiro: Brasport Livros e Multimédias LDA – Copyright.

Machado, S.; Ferreira, O. (2012). Método de Simulação de Monte Carlo em Planilha Excel: Desenvolvimento de uma Ferramenta Versátil para Análise Quantitativa de Riscos em Gestão de Projetos. Revista de Ciências Gerenciais, v. 16, n. 23.

- Mahmood, K., Karjust, K., & Raamets, T. (2021). Production Intralogistics Automation Based on 3D Simulation Analysis. *Journal of Machine Engineering*, 101–115.
- Marques, A. (2014). *Conceção e Análise de Projetos de Investimento*. Edições Sílabo.
- Martin, L., Gonzalez-Romo, M., Sahnoun, M., Bettayeb, B., He, N., & Gao, J. (2021). Effect of Human-Robot Interaction on the Fleet Size of AIV Transporters in FMS. *2021 1st International Conference On Cyber Management And Engineering (CyMaEn)*, 1–5.
- Mettler Toledo. (2023, junho 8). Transport and Logistics Solutions. Acedido a 8 de junho de 2023, de <https://www.mt.com/br/pt/home.html>
- Miyagi, P. E. (2004). *Introdução a Simulação Discreta*. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Brasil.
- Mujica, M. M., & Piera, A. M. (2011). Integrating Timed Coloured Petri Net models in the SIMIO Simulation Environment. Netherlands.
- Müller, D. (2007). *Processos Estocásticos e Aplicações (1.a ed.)*. Almedina.
- Nordgren, W. B. (2003). Flexsim simulation environment. *Winter Simulation Conference Proceedings 1*, 197–200.
- Panneerselvam, R., & Senthilkumar, P. (2013). *System Simulation, Modelling and Languages*. PHI Learning Private Limited.
- Pires, A. R. (2007). *Qualidade: Sistemas de Gestão da Qualidade*. 3ª Edição. Lisboa: Edições Sílabo, LDA.
- Roberts, S. D. (1975). Control chart tests based on geometric moving averages. *Technometrics*, 17(3), 329–335.
- Robinson, S., Nance, R. E., Paul, R. J., Pidd, M. and Taylor, S. J. (2004), 'Simulation model reuse: definitions, benefits and obstacles', *Simulation Modelling Practice and Theory* 12 (7-8 SPEC. ISS.), 479–494.
- Ross, S. A., Westerfield, R. W., Jordan, B. D., & Lamb, R. (2013). *Fundamentos de Administração Financeira*. AMGH Editora Ltda, pp 105.

- Sargeant, R. G. (2010). Verification and Validation of Simulation Models. Proceedings of the 2010 Winter Simulation Conference B. Johansson, S. Jain, J. Montoya-Torres, J. Hukan, and E. Yücesan, Eds., 166–183.
- Schmidt, R. E., & Taylor, J. W. (1970). Simulation and Analysis of Industrial Systems. Richard D. Irwin.
- Schriber, T. J. (1987). The Nature and Role of Simulation in the Design of Manufacturing Systems. (J. Retti and K. E. Wichmann). Society for Computer Simulation.
- Shannon, R. E. (1998). Introduction To The Art And Science Of Simulation. Proceedings of the 1998 Winter Simulation Conference.
- Sharma, A. J. (2020). Changing Consumer Behaviours towards online shopping - an impact of COVID19. Academy of Marketing Studies Journal, 24(3):1-10.
- Sokolowski, J. A., & Banks, C. M. (2010). Modeling and Simulation Fundamentals - Theoretical Underpinnings and Pratical Domains. New Jersey: Jonh Wiley & Sons, Inc.
- Sztrik, J. (2016). Basic Queueing Theory: Foundations of System Performance Modeling. GlobeEdit.
- Tirkolaee, E. B., & Jolai, F. (2011). An Integrated Queuing and Simulation-based Optimization Model for Warehouse Management. Journal of Intelligent Manufacturing, 22(4), 579–592.
- Vilcapoma, I.; Moura, M.; Sampaio, S. (2014). Uso da Simulação de Monte Carlo em Projetos de Construção de Rodovias no Norte Fluminense. XVII - Simpósio de Pesquisa Operacional e Logística da Marinha.
- Vincent, S. (1998). Input Data Analysis. Em Handbook of Simulation (pp. 53–91). John Wiley & Sons, Ltd.
- Wong, S. F., & Yu, Z. (2019). Flexsim-based Modulation and Simulation for Logistics Batch Picking. Proceedings of the 2019 3rd International Conference on Software and E-Business, 141–145.
- Zhu, X., Zhang, R., Chu, F., He, Z. and Li, J. (2014). A Flexsim-based Optimization for the Operation Process of Cold-Chain Logistics Distribution Centre. Journal of Applied Research and Technology 12(2), 270–278.

Zukerman, M. (2020). Introduction to Queueing Theory and Stochastic Teletraffic Models. City University of Hong Kong: Copyright M. Zukerman.

Anexos

Anexo A

Tabela A.1 - Tabela *Arrival Schedule* parametrizada na *source* da divisão nacional

	ArrivalTime	ItemName	Quantity
Arrival1	0	Box	1
Arrival2	80	Box	1
Arrival3	160	Box	1
Arrival4	240	Box	1
Arrival5	320	Box	1
Arrival6	400	Box	1
Arrival7	480	Box	1
Arrival8	560	Box	1
Arrival9	640	Box	1
Arrival10	720	Box	1
Arrival11	800	Box	1
Arrival12	880	Box	1
Arrival13	960	Box	1
Arrival14	1040	Box	1
Arrival15	1120	Box	1
Arrival16	1200	Box	1
Arrival17	1280	Box	1
Arrival18	1360	Box	1
Arrival19	1440	Box	1
Arrival20	1520	Box	1
Arrival21	1600	Box	1
Arrival22	1680	Box	1
Arrival23	1760	Box	1
Arrival24	1840	Box	1
Arrival25	1920	Box	1
Arrival26	2000	Box	1
Arrival27	2080	Box	1
Arrival28	2160	Box	1
Arrival29	2240	Box	1
Arrival30	2320	Box	1
Arrival31	2400	Box	1
Arrival32	2480	Box	1
Arrival33	2560	Box	1
Arrival34	2640	Box	1
Arrival35	2720	Box	1
Arrival36	2800	Box	1
Arrival37	2880	Box	1
Arrival38	2960	Box	1

Arrival39	3040	Box	1
Arrival40	3120	Box	1
Arrival41	3200	Box	1
Arrival42	3280	Box	1
Arrival43	3360	Box	1
Arrival44	3440	Box	1
Arrival45	3520	Box	1
Arrival46	3600	Box	1
Arrival47	3680	Box	1
Arrival48	3760	Box	1
Arrival49	3840	Box	1
Arrival50	3920	Box	1
Arrival51	4000	Box	1
Arrival52	4080	Box	1
Arrival53	4160	Box	1
Arrival54	4240	Box	1
Arrival55	4320	Box	1
Arrival56	4400	Box	1
Arrival57	4480	Box	1
Arrival58	4560	Box	1
Arrival59	4640	Box	1
Arrival60	4720	Box	1
Arrival61	4800	Box	1
Arrival62	4880	Box	1
Arrival63	4960	Box	1
Arrival64	8000	Box	1
Arrival65	8050	Box	1
Arrival66	8100	Box	1
Arrival67	8150	Box	1
Arrival68	8200	Box	1
Arrival69	8250	Box	1
Arrival70	8300	Box	1
Arrival71	8350	Box	1
Arrival72	8400	Box	1
Arrival73	8450	Box	1
Arrival74	8500	Box	1
Arrival75	8550	Box	1
Arrival76	8600	Box	1
Arrival77	8650	Box	1
Arrival78	8700	Box	1
Arrival79	8750	Box	1
Arrival80	8800	Box	1
Arrival81	8850	Box	1
Arrival82	8900	Box	1
Arrival83	8950	Box	1
Arrival84	9000	Box	1

Tabela A.2 - Tabela *Arrival Schedule* parametrizada na *source* da divisão regional

	ArrivalTime	ItemName	Quantity
Arrival1	0	Box	1
Arrival2	1	Box	1

Tabela A.3 - Tabela *Arrival Schedule* “Descarga de paletes” parametrizada na *source* da divisão nacional – proposta de melhoria

	ArrivalTime	ItemName	Quantity
Arrival1	0	Box	1
Arrival2	80	Box	1
Arrival3	160	Box	1
Arrival4	240	Box	1
Arrival5	320	Box	1
Arrival6	400	Box	1
Arrival7	480	Box	1
Arrival8	560	Box	1
Arrival9	640	Box	1
Arrival10	720	Box	1
Arrival11	800	Box	1
Arrival12	880	Box	1
Arrival13	960	Box	1
Arrival14	1040	Box	1
Arrival15	1120	Box	1
Arrival16	1200	Box	1
Arrival17	1280	Box	1
Arrival18	1360	Box	1
Arrival19	1440	Box	1
Arrival20	1520	Box	1
Arrival21	1600	Box	1
Arrival22	8000	Box	1
Arrival23	8080	Box	1
Arrival24	8160	Box	1
Arrival25	8240	Box	1
Arrival26	8320	Box	1
Arrival27	8400	Box	1
Arrival28	8480	Box	1

Tabela A.4 - Tabela *Arrival Schedule* “Descarga de paletes2” parametrizada na *source* da divisão nacional – proposta de melhoria

	ArrivalTime	ItemName	Quantity
Arrival1	1	Box	1
Arrival2	81	Box	1
Arrival3	161	Box	1
Arrival4	241	Box	1
Arrival5	321	Box	1
Arrival6	401	Box	1
Arrival7	481	Box	1
Arrival8	561	Box	1
Arrival9	641	Box	1
Arrival10	721	Box	1
Arrival11	801	Box	1
Arrival12	881	Box	1
Arrival13	961	Box	1
Arrival14	1041	Box	1
Arrival15	1121	Box	1
Arrival16	1201	Box	1
Arrival17	1281	Box	1
Arrival18	1361	Box	1
Arrival19	1441	Box	1
Arrival20	1521	Box	1
Arrival21	1601	Box	1
Arrival22	8001	Box	1
Arrival23	8081	Box	1
Arrival24	8161	Box	1
Arrival25	8241	Box	1
Arrival26	8321	Box	1
Arrival27	8401	Box	1
Arrival28	8481	Box	1

Tabela A.5 - Tabela *Arrival Schedule* “Descarga de paletes3” parametrizada na *source* da divisão nacional – proposta de melhoria

	ArrivalTime	ItemName	Quantity
Arrival1	2	Box	1
Arrival2	82	Box	1
Arrival3	162	Box	1
Arrival4	242	Box	1
Arrival5	322	Box	1
Arrival6	402	Box	1
Arrival7	482	Box	1
Arrival8	562	Box	1
Arrival9	642	Box	1
Arrival10	722	Box	1
Arrival11	802	Box	1
Arrival12	882	Box	1
Arrival13	962	Box	1
Arrival14	1042	Box	1
Arrival15	1122	Box	1
Arrival16	1202	Box	1
Arrival17	1282	Box	1
Arrival18	1362	Box	1
Arrival19	1442	Box	1
Arrival20	1522	Box	1
Arrival21	1602	Box	1
Arrival22	8002	Box	1
Arrival23	8082	Box	1
Arrival24	8162	Box	1
Arrival25	8242	Box	1
Arrival26	8322	Box	1
Arrival27	8402	Box	1
Arrival28	8482	Box	1

Tabela A.6 - Tabela *Arrival Schedule* “Descarga de contentores” parametrizada na *source* da divisão regional – proposta de melhoria

	ArrivalTime	ItemName	Quantity
Arrival1	0	Box	1
Arrival2	1	Box	1
Arrival3	2	Box	1
Arrival4	3	Box	1
Arrival5	4	Box	1

Tabela A.7 - Tabela *Arrival Schedule* “Descarga de paletes” parametrizada na *source* da divisão rotas de distribuição – proposta de melhoria

	ArrivalTime	ItemName	Quantity
Arrival1	2	Box	1
Arrival2	80	Box	1
Arrival3	160	Box	1
Arrival4	240	Box	1
Arrival5	320	Box	1
Arrival6	400	Box	1
Arrival7	480	Box	1
Arrival8	560	Box	1
Arrival9	640	Box	1
Arrival10	720	Box	1
Arrival11	800	Box	1
Arrival12	880	Box	1
Arrival13	960	Box	1
Arrival14	1040	Box	1
Arrival15	1120	Box	1
Arrival16	1200	Box	1
Arrival17	1280	Box	1
Arrival18	1360	Box	1
Arrival19	1440	Box	1
Arrival20	1520	Box	1
Arrival21	1600	Box	1
Arrival22	3600	Box	1
Arrival23	3860	Box	1
Arrival24	3760	Box	1
Arrival25	3840	Box	1
Arrival26	3920	Box	1
Arrival27	4000	Box	1
Arrival28	4080	Box	1
Arrival29	4160	Box	1
Arrival30	4240	Box	1
Arrival31	4320	Box	1
Arrival32	4400	Box	1
Arrival33	4480	Box	1

Tabela A.8 - Tabela *Arrival Schedule* “Descarga de paletes2” parametrizada na *source* da divisão rotas de distribuição – proposta de melhoria

	ArrivalTime	ItemName	Quantity
Arrival1	1	Box	1
Arrival2	81	Box	1
Arrival3	161	Box	1
Arrival4	241	Box	1
Arrival5	321	Box	1
Arrival6	401	Box	1
Arrival7	481	Box	1
Arrival8	561	Box	1
Arrival9	641	Box	1
Arrival10	721	Box	1
Arrival11	801	Box	1
Arrival12	881	Box	1
Arrival13	961	Box	1
Arrival14	1041	Box	1
Arrival15	1121	Box	1
Arrival16	1201	Box	1
Arrival17	1281	Box	1
Arrival18	1361	Box	1
Arrival19	1441	Box	1
Arrival20	1521	Box	1
Arrival21	1601	Box	1
Arrival22	3601	Box	1
Arrival23	3861	Box	1
Arrival24	3761	Box	1
Arrival25	3841	Box	1
Arrival26	3921	Box	1
Arrival27	4001	Box	1
Arrival28	4081	Box	1
Arrival29	4161	Box	1
Arrival30	4241	Box	1
Arrival31	4321	Box	1
Arrival32	4401	Box	1
Arrival33	4481	Box	1

Tabela A.9 - Tabela *Arrival Schedule* “Descarga de paletes3” parametrizada na *source* da divisão rotas de distribuição – proposta de melhoria

	ArrivalTime	ItemName	Quantity
Arrival1	2	Box	1
Arrival2	82	Box	1
Arrival3	162	Box	1
Arrival4	242	Box	1
Arrival5	322	Box	1
Arrival6	402	Box	1
Arrival7	482	Box	1
Arrival8	562	Box	1
Arrival9	642	Box	1
Arrival10	722	Box	1
Arrival11	802	Box	1
Arrival12	882	Box	1
Arrival13	962	Box	1
Arrival14	1042	Box	1
Arrival15	1122	Box	1
Arrival16	1202	Box	1
Arrival17	1282	Box	1
Arrival18	1362	Box	1
Arrival19	1442	Box	1
Arrival20	1522	Box	1
Arrival21	1602	Box	1
Arrival22	3602	Box	1
Arrival23	3862	Box	1
Arrival24	3762	Box	1
Arrival25	3842	Box	1
Arrival26	3922	Box	1
Arrival27	4002	Box	1
Arrival28	4082	Box	1
Arrival29	4162	Box	1
Arrival30	4242	Box	1
Arrival31	4322	Box	1
Arrival32	4402	Box	1
Arrival33	4482	Box	1

Tabela A.10 - Tabela elementos *Conveyor* simulados – Divisão Nacional - propostas de melhoria

Fase	Divisão	Configuração	Elementos (<i>Conveyor</i>)	Comprimento (m)	Velocidade (m/s)
Concentração	Nacional	Linha	<i>Conveyor</i> automático	3,5	0,5
			<i>Conveyor</i> automático	3,5	1,0
			<i>Conveyor</i> gravítico	5	-
		T	<i>Conveyor</i> automático	3,5	0,5
			<i>Conveyor</i> automático	3,5	1,0
			<i>Conveyor</i> automático	1,5	1,0
			<i>Conveyor</i> automático	2,0	1,0
			<i>Conveyor</i> automático	2,5	1,0
			<i>Conveyor</i> gravítico	3,0	-
			<i>Conveyor</i> gravítico	3,0	-
		Cruz	<i>Conveyor</i> automático	3,5	0,5
			<i>Conveyor</i> automático	3,5	1,0
			<i>Conveyor</i> automático	1,5	1,0
			<i>Conveyor</i> automático	2,0	1,0
			<i>Conveyor</i> automático	2,5	1,0
			<i>Conveyor</i> automático	2,0	1,0
			<i>Conveyor</i> gravítico	3,0	-
			<i>Conveyor</i> gravítico	3,0	-
			<i>Conveyor</i> gravítico	3,0	-
		T+	<i>Conveyor</i> automático	3,5	0,5
			<i>Conveyor</i> automático	3,5	1,0
			<i>Conveyor</i> automático	1,5	1,0
			<i>Conveyor</i> automático	2,0	1,0
			<i>Conveyor</i> automático	2,5	1,0
<i>Conveyor</i> automático	2,0		1,0		

			<i>Conveyor gravítico</i>	3,0	-
			<i>Conveyor gravítico</i>	3,0	-
			<i>Conveyor automático</i>	5,0	1,0
			<i>Conveyor automático</i>	2,0	1,0
			<i>Conveyor gravítico</i>	3,0	-
			<i>Conveyor gravítico</i>	3,0	-

Tabela A.11 - Tabela elementos Conveyor simulados – Divisão Regional - propostas de melhoria

Fase	Divisão	Configuração	Elementos (Conveyor)	Comprimento (m)	Velocidade (m/s)
Concentração	Regional	Linha	<i>Conveyor automático</i>	3,5	0,5
			<i>Conveyor automático</i>	3,5	1,0
			<i>Conveyor gravítico</i>	5	-
		T	<i>Conveyor automático</i>	3,5	0,5
			<i>Conveyor automático</i>	3,5	1,0
			<i>Conveyor automático</i>	1,5	1,0
			<i>Conveyor automático</i>	2,0	1,0
			<i>Conveyor automático</i>	2,5	1,0
			<i>Conveyor gravítico</i>	3,0	-
			<i>Conveyor gravítico</i>	3,0	-

Tabela A.12 - Tabela elementos *Conveyor* simulados – Divisão Rotas Distribuição - propostas de melhoria

Fase	Divisão	Configuração	Elementos (<i>Conveyor</i>)	Comprimento (m)	Velocidade (m/s)
Dispersão	Rotas Distribuição	T	<i>Conveyor</i> automático	3,5	0,5
			<i>Conveyor</i> automático	3,5	1,0
			<i>Conveyor</i> automático	1,5	1,0
			<i>Conveyor</i> automático	2,0	1,0
			<i>Conveyor</i> automático	2,5	1,0
			<i>Conveyor</i> gravítico	3,0	-
			<i>Conveyor</i> gravítico	3,0	-
		Cruz	<i>Conveyor</i> automático	3,5	0,5
			<i>Conveyor</i> automático	3,5	1,0
			<i>Conveyor</i> automático	1,5	1,0
			<i>Conveyor</i> automático	2,0	1,0
			<i>Conveyor</i> automático	2,5	1,0
			<i>Conveyor</i> automático	2,0	1,0
			<i>Conveyor</i> gravítico	3,0	-
			<i>Conveyor</i> gravítico	3,0	-
			<i>Conveyor</i> gravítico	3,0	-
		T+	<i>Conveyor</i> automático	3,5	0,5
			<i>Conveyor</i> automático	3,5	1,0
			<i>Conveyor</i> automático	1,5	1,0
			<i>Conveyor</i> automático	2,0	1,0
			<i>Conveyor</i> automático	2,5	1,0
			<i>Conveyor</i> automático	2,0	1,0
			<i>Conveyor</i> gravítico	3,0	-
			<i>Conveyor</i> gravítico	3,0	-
			<i>Conveyor</i> automático	5,0	1,0
			<i>Conveyor</i> automático	2,0	1,0
			<i>Conveyor</i> gravítico	3,0	-
<i>Conveyor</i> gravítico	3,0	-			

Anexo B

Código B.1 - Código *Set Label by Percentage* utilizado para atribuir uma *label* com o destino dos objetos na divisão nacional

```
Object current = ownerobject(c);
Object item = param(1);
int port = param(2);

{ // ***** PickOption Start ***** //
/**popup:LabelPercentage:valustr=Value*/
/**Set Label by Percentage*/
int stream = /**\nStream number: ****tag:stream****/getstream(current)/**/;
double randomnum = uniform(0.0, 100.0, stream);
string labelname = /** \nLabel: ****tag:label****/"Destino"****/;
Object involved = /** \nObject: ****tag:object****/item/**/;
Variant value;
double total = 0.0;
int foundmatch = 0;
/**tagex:data*/
total += /**\nPercent: ****/6****/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: ****/1****/;
    foundmatch = 1;
}
total += /**\nPercent: ****/4****/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: ****/2****/;
    foundmatch = 1;
}
total += /**\nPercent: ****/26****/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: ****/3****/;
    foundmatch = 1;
}
total += /**\nPercent: ****/4****/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: ****/4****/;
    foundmatch = 1;
}/***/
total += /**\nPercent: ****/3****/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: ****/5****/;
    foundmatch = 1;
}/***/
total += /**\nPercent: ****/1****/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: ****/6****/;
    foundmatch = 1;
}/***/
total += /**\nPercent: ****/2****/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: ****/7****/;
    foundmatch = 1;
}/***/
total += /**\nPercent: ****/2****/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: ****/8****/;
    foundmatch = 1;
}/***/
total += /**\nPercent: ****/19****/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: ****/9****/;
    foundmatch = 1;
}/***/
total += /**\nPercent: ****/4****/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
```

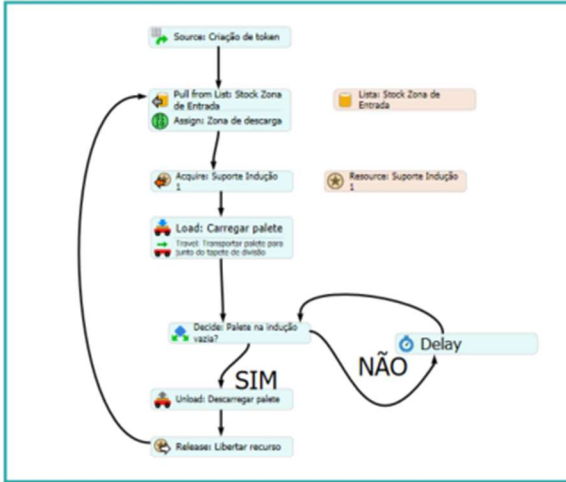
```

        value = /** Value: *//**/10/**/;
        foundmatch = 1;
    }/***/
    total += /**\nPercent: *//**/1/**/;
    if (!foundmatch && randomnum <= total) {
        value = /** Value: *//**/11/**/;
        foundmatch = 1;
    }/***/
    total += /**\nPercent: *//**/3/**/;
    if (!foundmatch && randomnum <= total) {
        value = /** Value: *//**/12/**/;
        foundmatch = 1;
    }/***/
    total += /**\nPercent: *//**/18/**/;
    if (!foundmatch && randomnum <= total) {
        value = /** Value: *//**/13/**/;
        foundmatch = 1;
    }/***/
    total += /**\nPercent: *//**/4/**/;
    if (!foundmatch && randomnum <= total) {
        value = /** Value: *//**/14/**/;
        foundmatch = 1;
    }/***/
    total += /**\nPercent: *//**/3/**/;
    if (!foundmatch && randomnum <= total) {
        value = /** Value: *//**/15/**/;
        foundmatch = 1;
    }/***/
    involved.labels.assert(labelname).value = value;
} // ***** PickOption End ***** //

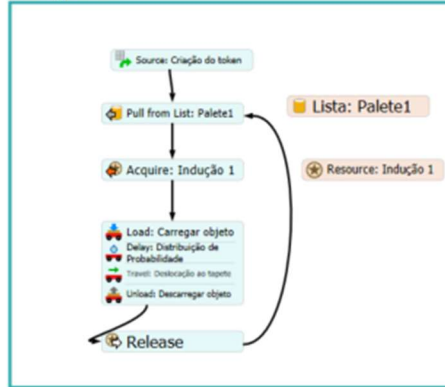
```

Código B.2 - Fluxos de Lógica das tarefas operacionais no módulo *process flow* na divisão nacional

Suporte Aceitação 1



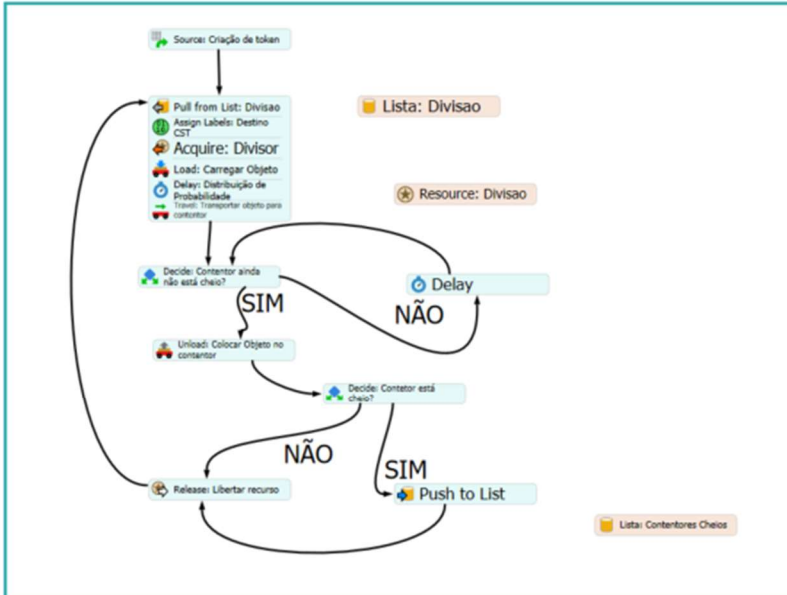
Indução 1



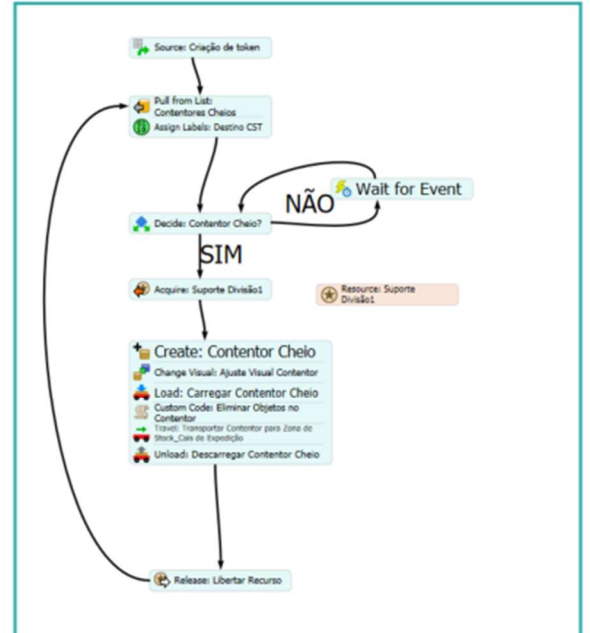
Código: Tapete gravítico



Divisao



Suporte Divisao



Código B.3 - Código Set Label by Percentage utilizado para atribuir uma *label* com o destino dos objetos na divisão regional

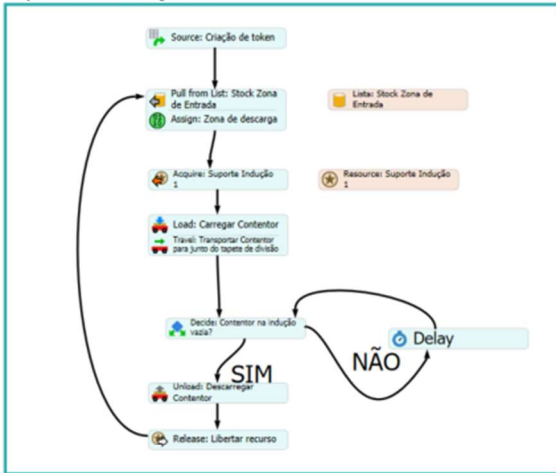
```
Object current = ownerobject(c);
Object item = param(1);
int port = param(2);

{ // ***** PickOption Start ***** //
/**popup:LabelPercentage:valuestr=Value*/
/**Set Label by Percentage*/
int stream = /**\nStream number: *//**tag:stream*//**/getstream(current)/**/;
double randomnum = uniform(0.0, 100.0, stream);
string labelname = /** \nLabel: *//**tag:label*//**/"Destino"/**/;
Object involved = /** \nObject: *//**tag:object*//**/item/**/;
Variant value;
double total = 0.0;
int foundmatch = 0;
/**tagex:data*/
total += /**\nPercent: *//**/20/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/1/**/;
    foundmatch = 1;
}
total += /**\nPercent: *//**/9/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/2/**/;
    foundmatch = 1;
}
total += /**\nPercent: *//**/16/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/3/**/;
    foundmatch = 1;
}
total += /**\nPercent: *//**/25/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/4/**/;
    foundmatch = 1;
}/***/
total += /**\nPercent: *//**/30/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/5/**/;
    foundmatch = 1;
}/***/

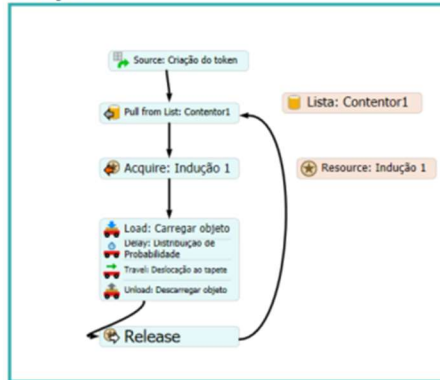
involved.labels.assert(labelname).value = value;
} // ***** PickOption End ***** //
```

Código B.4 - Fluxos de Lógica das tarefas operacionais no módulo *process flow* na divisão regional

Suporte Aceitação 1



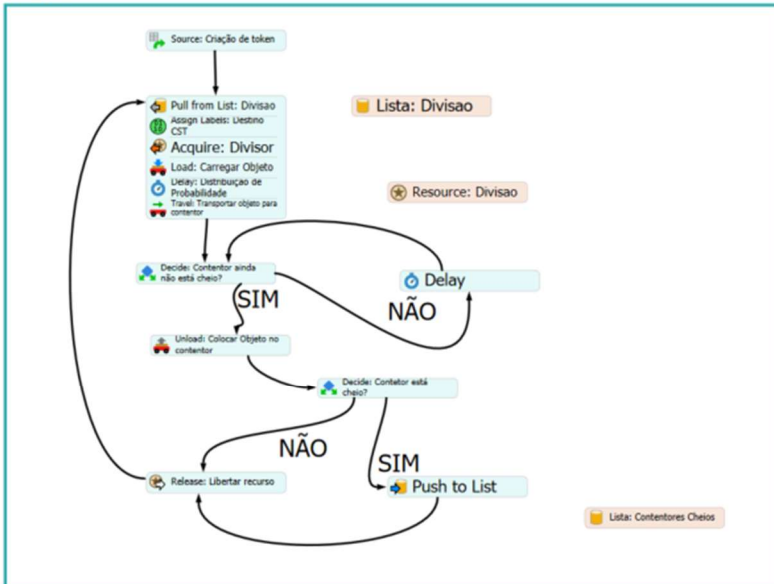
Indução 1



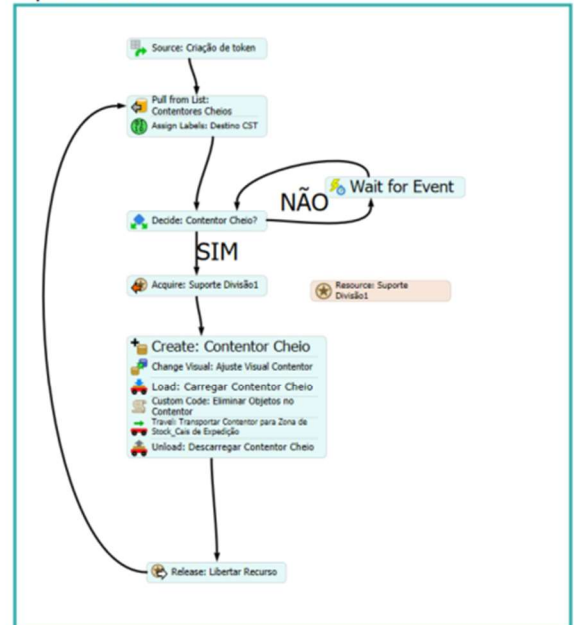
Código: Tapete gravítico



Divisao



Suporte Divisao



Código B.5 - Código Set Label by Percentage utilizado para atribuir uma *label* com o destino dos objetos na divisão nacional

- proposta de melhoria – configuração Linha

```
Object current = ownerobject(c);
Object item = param(1);
int port = param(2);

{ // ***** PickOption Start ***** //
/**popup:LabelPercentage:valustr=Value*/
/**Set Label by Percentage*/
int stream = /**\nStream number: *//**tag:stream*//**/getstream(current)/**/;
double randomnum = uniform(0.0, 100.0, stream);
string labelname = /** \nLabel: *//**tag:label*//**/"Destino"/**/;
Object involved = /** \nObject: *//**tag:object*//**/item/**/;
Variant value;
double total = 0.0;
int foundmatch = 0;
/**tagex:data*/
total += /**\nPercent: *//**/6/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/1/**/;
    foundmatch = 1;
}
total += /**\nPercent: *//**/4/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/2/**/;
    foundmatch = 1;
}
total += /**\nPercent: *//**/26/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/3/**/;
    foundmatch = 1;
}
total += /**\nPercent: *//**/4/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/4/**/;
    foundmatch = 1;
}
}/***/
total += /**\nPercent: *//**/3/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/5/**/;
    foundmatch = 1;
}
}/***/
total += /**\nPercent: *//**/1/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/6/**/;
    foundmatch = 1;
}
}/***/
total += /**\nPercent: *//**/2/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/7/**/;
    foundmatch = 1;
}
}/***/
total += /**\nPercent: *//**/2/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/8/**/;
    foundmatch = 1;
}
}/***/
total += /**\nPercent: *//**/19/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/9/**/;
    foundmatch = 1;
}
}/***/
total += /**\nPercent: *//**/4/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/10/**/;
    foundmatch = 1;
}
```

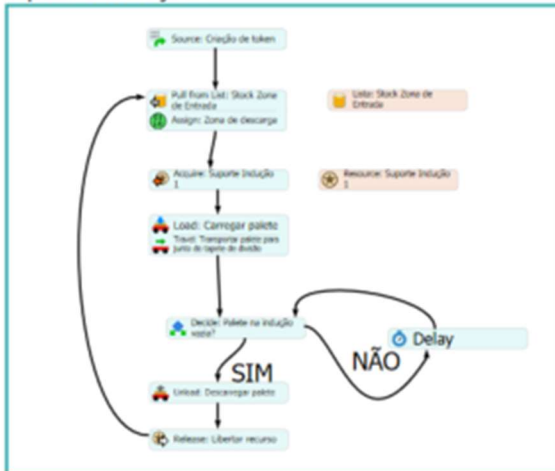
```

}****/
total += /**\nPercent: *//**/1/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/11/**/;
    foundmatch = 1;
}****/
total += /**\nPercent: *//**/3/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/12/**/;
    foundmatch = 1;
}****/
total += /**\nPercent: *//**/18/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/13/**/;
    foundmatch = 1;
}****/
total += /**\nPercent: *//**/4/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/14/**/;
    foundmatch = 1;
}****/
total += /**\nPercent: *//**/3/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/15/**/;
    foundmatch = 1;
}****/
involved.labels.assert(labelname).value = value;
} // ***** PickOption End ***** //

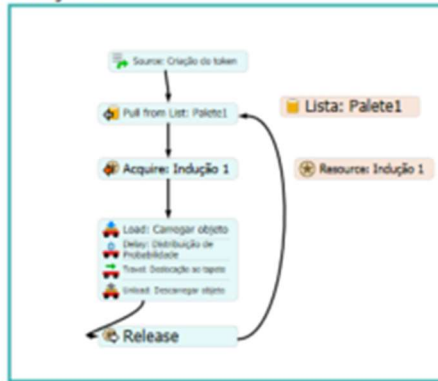
```

Código B.6 - Fluxos de Lógica das tarefas operacionais no módulo *process flow* na divisão nacional – proposta de melhoria – configuração Linha

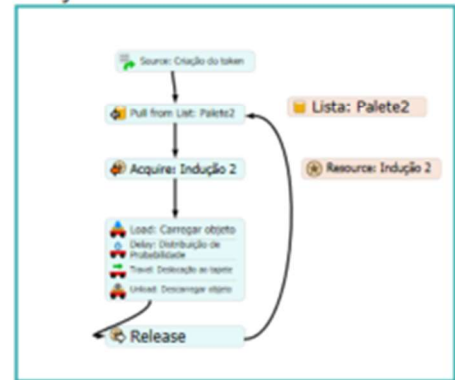
Suporte Aceitação 1



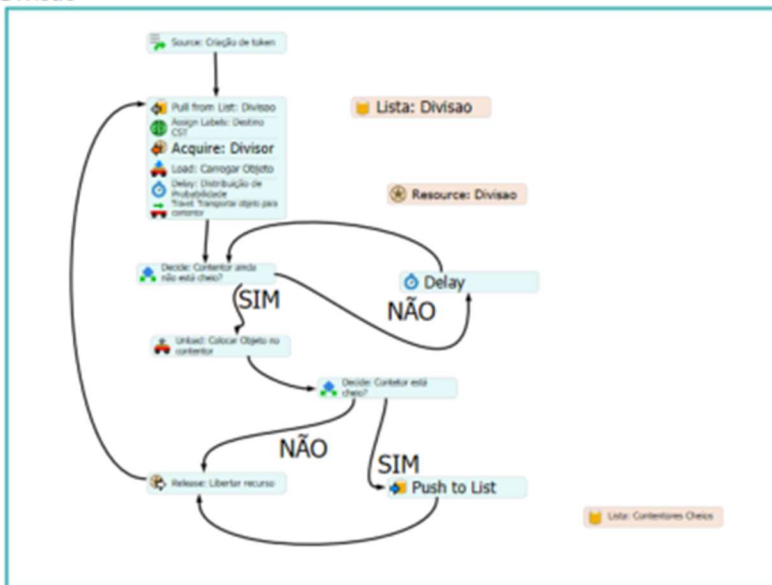
Indução 1



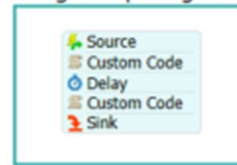
Indução 2



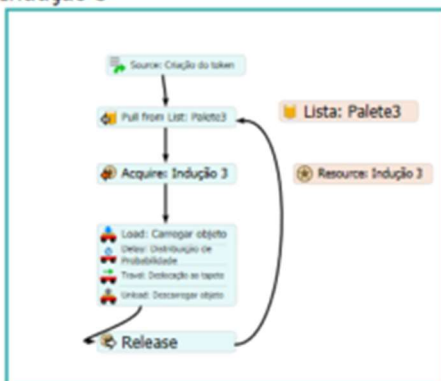
Divisao



Código: Tapete gravítico



Indução 3



Suporte Divisao



Código B.7 - Código Set Label by Percentage utilizado para atribuir uma *label* para a realização da triagem na divisão nacional - proposta de melhoria – configuração T

```
Object current = ownerobject(c);
Object item = param(1);
int port = param(2);

{ // ***** PickOption Start ***** //
/**popup:LabelPercentage:valuestr=Value*/
/**Set Label by Percentage*/
int stream = /**\nStream number: *//**tag:stream*//**/getstream(current)/**/;
double randomnum = uniform(0.0, 100.0, stream);
string labelname = /** \nLabel: *//**tag:label*//**/"Triagem"/**/;
Object involved = /** \nObject: *//**tag:object*//**/item/**/;
Variant value;
double total = 0.0;
int foundmatch = 0;
/**tagex:data*/
total += /**\nPercent: *//**/50/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/1/**/;
    foundmatch = 1;
}
total += /**\nPercent: *//**/50/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/2/**/;
    foundmatch = 1;
}/***/
involved.labels.assert(labelname).value = value;
} // ***** PickOption End ***** //
```

Código B.8 - Código Set Label by Percentage utilizado para atribuir uma *label* com o destino dos objetos na divisão nacional

- proposta de melhoria – configuração T

```
Object current = ownerobject(c);
Object item = param(1);
int port = param(2);

{ // ***** PickOption Start ***** //
/**popup:LabelPercentage:valustr=Value*/
/**Set Label by Percentage*/
int stream = /**\nStream number: *//**tag:stream*//**/getstream(current)/**/;
double randomnum = uniform(0.0, 100.0, stream);
string labelname = /** \nLabel: *//**tag:label*//**/"Destino"/**/;
Object involved = /** \nObject: *//**tag:object*//**/item/**/;
Variant value;
double total = 0.0;
int foundmatch = 0;
/**tagex:data*/
total += /**\nPercent: *//**/12/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/1/**/;
    foundmatch = 1;
}
total += /**\nPercent: *//**/8/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/2/**/;
    foundmatch = 1;
}
total += /**\nPercent: *//**/52/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/3/**/;
    foundmatch = 1;
}
total += /**\nPercent: *//**/8/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/4/**/;
    foundmatch = 1;
}
}/***/
total += /**\nPercent: *//**/6/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/5/**/;
    foundmatch = 1;
}
}/***/
total += /**\nPercent: *//**/8/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/14/**/;
    foundmatch = 1;
}
}/***/
total += /**\nPercent: *//**/6/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/15/**/;
    foundmatch = 1;
}
}/***/
involved.labels.assert(labelname).value = value;
} // ***** PickOption End ***** //
```

Código B.9 - Código Set Label by Percentage utilizado para atribuir uma *label* com o destino dos objetos na divisão nacional

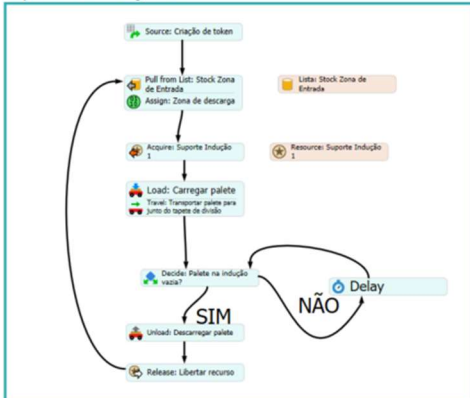
- proposta de melhoria – configuração T

```
Object current = ownerobject(c);
Object item = param(1);
int port = param(2);

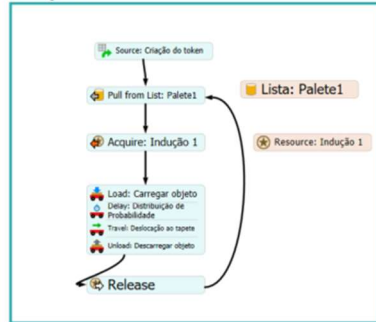
{ // ***** PickOption Start ***** //
/**_popup:LabelPercentage:valustr=Value*/
/**Set Label by Percentage*/
int stream = /**\nStream number: *//**tag:stream*//**/getstream(current)/**/;
double randomnum = uniform(0.0, 100.0, stream);
string labelname = /** \nLabel: *//**tag:label*//**/"Destino"/**/;
Object involved = /** \nObject: *//**tag:object*//**/item/**/;
Variant value;
double total = 0.0;
int foundmatch = 0;
/**tagex:data*/
total += /**\nPercent: *//**/2/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/6/**/;
    foundmatch = 1;
}/***/
total += /**\nPercent: *//**/4/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/7/**/;
    foundmatch = 1;
}/***/
total += /**\nPercent: *//**/4/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/8/**/;
    foundmatch = 1;
}/***/
total += /**\nPercent: *//**/38/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/9/**/;
    foundmatch = 1;
}/***/
total += /**\nPercent: *//**/8/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/10/**/;
    foundmatch = 1;
}/***/
total += /**\nPercent: *//**/2/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/11/**/;
    foundmatch = 1;
}/***/
total += /**\nPercent: *//**/6/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/12/**/;
    foundmatch = 1;
}/***/
total += /**\nPercent: *//**/36/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/13/**/;
    foundmatch = 1;
}/***/
involved.labels.assert(labelname).value = value;
} // ***** PickOption End ***** //
```

Código B.10 - Fluxos de Lógica das tarefas operacionais no módulo **process flow** na divisão nacional – proposta de melhoria – configuração T

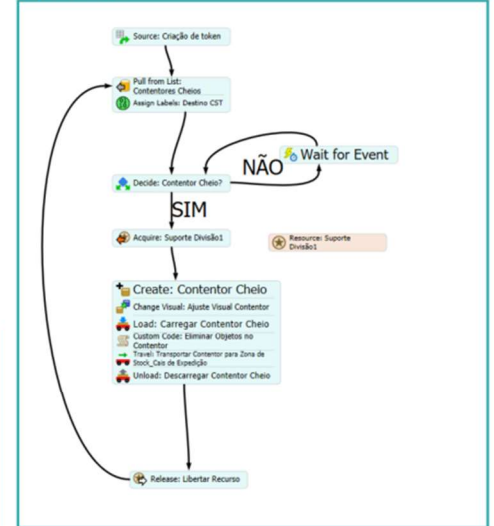
SupORTE Aceleração 1



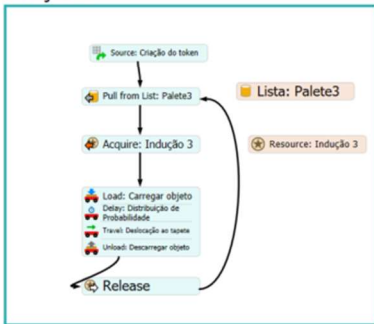
Indução 1



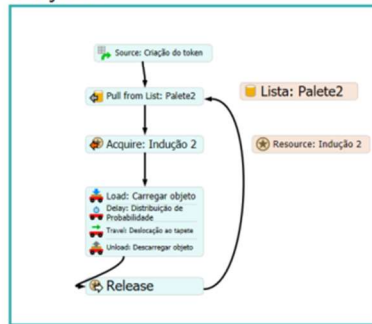
Suporte Divisao



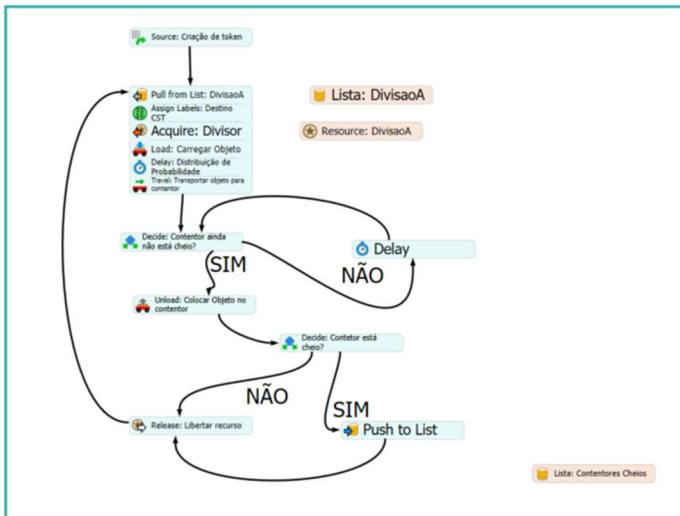
Indução 3



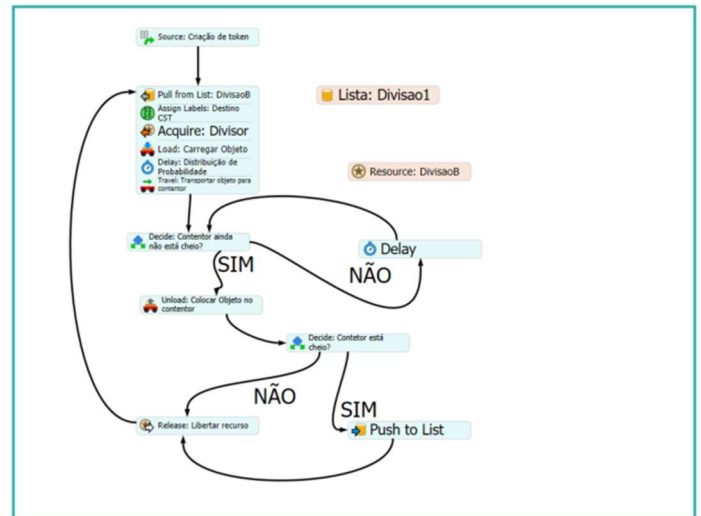
Código: Tapete gravítico Indução 2



DivisaoA



DivisaoB



Código B.11 - Código *Set Label by Percentage* utilizado para atribuir uma *label* para a realização da triagem na divisão nacional - proposta de melhoria – configuração Cruz

```
Object current = ownerobject(c);
Object item = param(1);
int port = param(2);

{ // ***** PickOption Start ***** //
/**popup:LabelPercentage:valuestr=Value*/
/**Set Label by Percentage*/
int stream = /**\nStream number: *//**tag:stream*//**/getstream(current)/**/;
double randomnum = uniform(0.0, 100.0, stream);
string labelname = /** \nLabel: *//**tag:label*//**/"Triagem"/**/;
Object involved = /** \nObject: *//**tag:object*//**/item/**/;
Variant value;
double total = 0.0;
int foundmatch = 0;
/**tagex:data*/
total += /**\nPercent: *//**/33/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/1/**/;
    foundmatch = 1;
}
total += /**\nPercent: *//**/33/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/2/**/;
    foundmatch = 1;
}/***/
total += /**\nPercent: *//**/34/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/3/**/;
    foundmatch = 1;
}/***/
involved.labels.assert(labelname).value = value;
} // ***** PickOption End ***** //
```

Código B.12 - Código *Set Label by Percentage* utilizado para atribuir uma *label* com o destino dos objetos na divisão nacional - proposta de melhoria – configuração Cruz

```
Object current = ownerobject(c);
Object item = param(1);
int port = param(2);

{ // ***** PickOption Start ***** //
/**popup:LabelPercentage:valustr=Value*/
/**Set Label by Percentage*/
int stream = /**\nStream number: *//**tag:stream*//**/getstream(current)/**/;
double randomnum = uniform(0.0, 100.0, stream);
string labelname = /** \nLabel: *//**tag:label*//**/"Destino"/**/;
Object involved = /** \nObject: *//**tag:object*//**/item/**/;
Variant value;
double total = 0.0;
int foundmatch = 0;
/**tagex:data*/
total += /**\nPercent: *//**/12.12/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/2/**/;
    foundmatch = 1;
}
total += /**\nPercent: *//**/12.12/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/4/**/;
    foundmatch = 1;
}
total += /**\nPercent: *//**/54.55/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/13/**/;
    foundmatch = 1;
}
total += /**\nPercent: *//**/12.12/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/14/**/;
    foundmatch = 1;
}
}/***/
total += /**\nPercent: *//**/9.09/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/15/**/;
    foundmatch = 1;
}
}/***/
involved.labels.assert(labelname).value = value;
} // ***** PickOption End ***** //
```

Código B.13 - Código *Set Label by Percentage* utilizado para atribuir uma *label* com o destino dos objetos na divisão nacional - proposta de melhoria – configuração Cruz

```
Object current = ownerobject(c);
Object item = param(1);
int port = param(2);

{ // ***** PickOption Start ***** //
/**popup:LabelPercentage:valustr=Value*/
/**Set Label by Percentage*/
int stream = /**\nStream number: *//**tag:stream*//**/getstream(current)/**/;
double randomnum = uniform(0.0, 100.0, stream);
string labelname = /** \nLabel: *//**tag:label*//**/"Destino"/**/;
Object involved = /** \nObject: *//**tag:object*//**/item/**/;
Variant value;
double total = 0.0;
int foundmatch = 0;
/**tagex:data*/
total += /**\nPercent: *//**/18.18/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/1/**/;
    foundmatch = 1;
}
total += /**\nPercent: *//**/6.06/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/7/**/;
    foundmatch = 1;
}
total += /**\nPercent: *//**/6.06/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/8/**/;
    foundmatch = 1;
}
total += /**\nPercent: *//**/57.58/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/9/**/;
    foundmatch = 1;
}
}/***/
total += /**\nPercent: *//**/12.12/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/10/**/;
    foundmatch = 1;
}
}/***/
involved.labels.assert(labelname).value = value;
} // ***** PickOption End ***** //
```

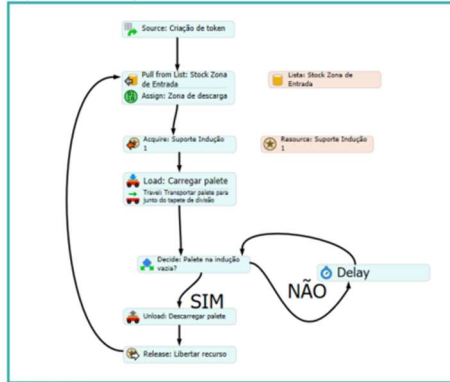
Código B.14 - Código *Set Label by Percentage* utilizado para atribuir uma *label* com o destino dos objetos na divisão nacional - proposta de melhoria – configuração Cruz

```
Object current = ownerobject(c);
Object item = param(1);
int port = param(2);

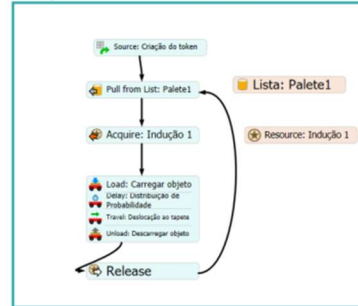
{ // ***** PickOption Start ***** //
/**popup:LabelPercentage:valustr=Value*/
/**Set Label by Percentage*/
int stream = /**\nStream number: *//**tag:stream*//**/getstream(current)/**/;
double randomnum = uniform(0.0, 100.0, stream);
string labelname = /** \nLabel: *//**tag:label*//**/"Destino"/**/;
Object involved = /** \nObject: *//**tag:object*//**/item/**/;
Variant value;
double total = 0.0;
int foundmatch = 0;
/**tagex:data*/
total += /**\nPercent: *//**/2.94/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/6/**/;
    foundmatch = 1;
}
total += /**\nPercent: *//**/2.94/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/11/**/;
    foundmatch = 1;
}
total += /**\nPercent: *//**/76.48/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/3/**/;
    foundmatch = 1;
}
total += /**\nPercent: *//**/8.82/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/12/**/;
    foundmatch = 1;
}
}/***/
total += /**\nPercent: *//**/8.82/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/5/**/;
    foundmatch = 1;
}
}/***/
involved.labels.assert(labelname).value = value;
} // ***** PickOption End ***** //
```

Código B.15 - Fluxos de Lógica das tarefas operacionais no módulo *process flow* na divisão nacional – proposta de melhoria – configuração Cruz

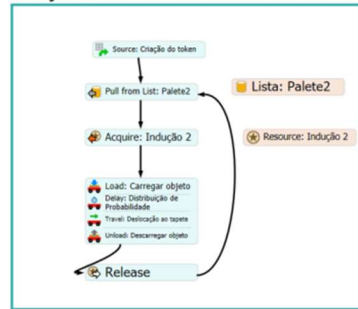
Suporte Aceitação 1



Indução 1



Indução 2



Indução 3



Código: Tapete gravítico



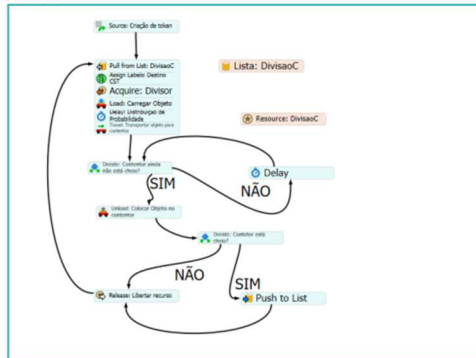
Código: Tapete gravítico2



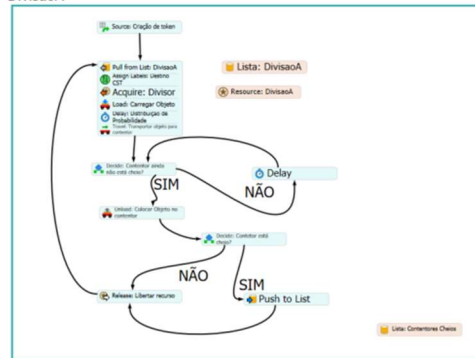
Código: Tapete gravítico3



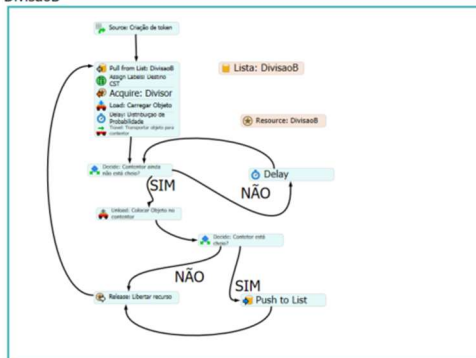
DivisaoC



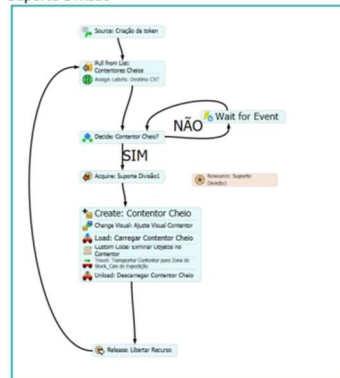
DivisaoA



DivisaoB



Suporte Divisao



Código B.16 - Código *Set Label by Percentage* utilizado para atribuir uma *label* para a realização da triagem na divisão nacional - proposta de melhoria – configuração T+

```
Object current = ownerobject(c);
Object item = param(1);
int port = param(2);

{ // ***** PickOption Start ***** //
/**popup:LabelPercentage:valuestr=Value*/
/**Set Label by Percentage*/
int stream = /**\nStream number: *//**tag:stream*//**/getstream(current)/**/;
double randomnum = uniform(0.0, 100.0, stream);
string labelname = /** \nLabel: *//**tag:label*//**/"Triagem"/**/;
Object involved = /** \nObject: *//**tag:object*//**/item/**/;
Variant value;
double total = 0.0;
int foundmatch = 0;
/**tagex:data*/
total += /**\nPercent: *//**/32/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/1/**/;
    foundmatch = 1;
}
total += /**\nPercent: *//**/25/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/2/**/;
    foundmatch = 1;
}/***/
total += /**\nPercent: *//**/26/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/3/**/;
    foundmatch = 1;
}/***/
total += /**\nPercent: *//**/17/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/4/**/;
    foundmatch = 1;
}/***/
involved.labels.assert(labelname).value = value;
} // ***** PickOption End ***** //
```

Código B.17 - Código *Set Label by Percentage* utilizado para atribuir uma *label* com o destino dos objetos na divisão nacional - proposta de melhoria – configuração T+

```
Object current = ownerobject(c);
Object item = param(1);
int port = param(2);

{ // ***** PickOption Start ***** //
/**popup:LabelPercentage:valustr=Value*/
/**Set Label by Percentage*/
int stream = /**\nStream number: *//**tag:stream*//**/getstream(current)/**/;
double randomnum = uniform(0.0, 100.0, stream);
string labelname = /** \nLabel: *//**tag:label*//**/"Destino"/**/;
Object involved = /** \nObject: *//**tag:object*//**/item/**/;
Variant value;
double total = 0.0;
int foundmatch = 0;
/**tagex:data*/
total += /**\nPercent: *//**/72/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/13/**/;
    foundmatch = 1;
}
total += /**\nPercent: *//**/16/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/14/**/;
    foundmatch = 1;
}/***/
total += /**\nPercent: *//**/12/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/15/**/;
    foundmatch = 1;
}/***/
involved.labels.assert(labelname).value = value;
} // ***** PickOption End ***** //
```

Código B.18 - Código *Set Label by Percentage* utilizado para atribuir uma *label* com o destino dos objetos na divisão nacional - proposta de melhoria – configuração T+

```
Object current = ownerobject(c);
Object item = param(1);
int port = param(2);

{ // ***** PickOption Start ***** //
/**popup:LabelPercentage:valustr=Value*/
/**Set Label by Percentage*/
int stream = /**\nStream number: *//**tag:stream*//**/getstream(current)/**/;
double randomnum = uniform(0.0, 100.0, stream);
string labelname = /** \nLabel: *//**tag:label*//**/"Destino"/**/;
Object involved = /** \nObject: *//**tag:object*//**/item/**/;
Variant value;
double total = 0.0;
int foundmatch = 0;
/**tagex:data*/
total += /**\nPercent: *//**/17.7/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/5/**/;
    foundmatch = 1;
}
total += /**\nPercent: *//**/35.3/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/1/**/;
    foundmatch = 1;
}
total += /**\nPercent: *//**/23.5/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/10/**/;
    foundmatch = 1;
}
total += /**\nPercent: *//**/23.5/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/2/**/;
    foundmatch = 1;
}/***/
involved.labels.assert(labelname).value = value;
} // ***** PickOption End ***** //
```

Código B.19 - Código *Set Label by Percentage* utilizado para atribuir uma *label* com o destino dos objetos na divisão nacional - proposta de melhoria – configuração T+

```
Object current = ownerobject(c);
Object item = param(1);
int port = param(2);

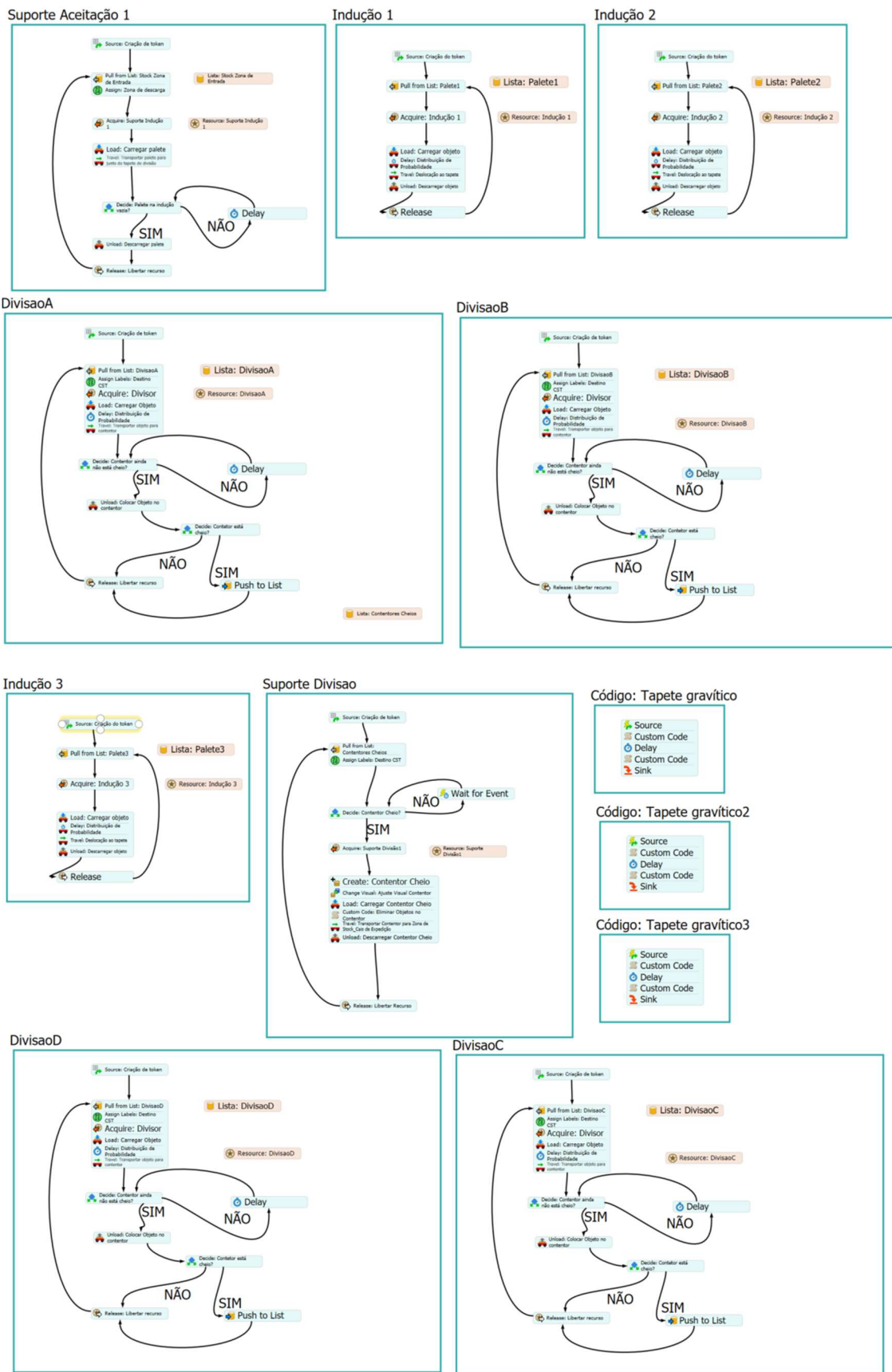
{ // ***** PickOption Start ***** //
/**popup:LabelPercentage:valustr=Value*/
/**Set Label by Percentage*/
int stream = /**\nStream number: *//**tag:stream*//**/getstream(current)/**/;
double randomnum = uniform(0.0, 100.0, stream);
string labelname = /** \nLabel: *//**tag:label*//**/"Destino"/**/;
Object involved = /** \nObject: *//**tag:object*//**/item/**/;
Variant value;
double total = 0.0;
int foundmatch = 0;
/**tagex:data*/
total += /**\nPercent: *//**/73.1/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/9/**/;
    foundmatch = 1;
}
total += /**\nPercent: *//**/7.7/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/7/**/;
    foundmatch = 1;
}
total += /**\nPercent: *//**/3.8/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/6/**/;
    foundmatch = 1;
}
total += /**\nPercent: *//**/15.4/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/4/**/;
    foundmatch = 1;
}
}/***/
involved.labels.assert(labelname).value = value;
} // ***** PickOption End ***** //
```

Código B.20 - Código *Set Label by Percentage* utilizado para atribuir uma *label* com o destino dos objetos na divisão nacional - proposta de melhoria – configuração T+

```
Object current = ownerobject(c);
Object item = param(1);
int port = param(2);

{ // ***** PickOption Start ***** //
/**popup:LabelPercentage:valustr=Value*/
/**Set Label by Percentage*/
int stream = /**\nStream number: *//**tag:stream*//**/getstream(current)/**/;
double randomnum = uniform(0.0, 100.0, stream);
string labelname = /** \nLabel: *//**tag:label*//**/"Destino"/**/;
Object involved = /** \nObject: *//**tag:object*//**/item/**/;
Variant value;
double total = 0.0;
int foundmatch = 0;
/**tagex:data*/
total += /**\nPercent: *//**/6.25/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/8/**/;
    foundmatch = 1;
}
total += /**\nPercent: *//**/3.1/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/11/**/;
    foundmatch = 1;
}
total += /**\nPercent: *//**/81.25/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/3/**/;
    foundmatch = 1;
}
total += /**\nPercent: *//**/9.4/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/12/**/;
    foundmatch = 1;
}
}/***/
involved.labels.assert(labelname).value = value;
} // ***** PickOption End ***** //
```

Código B.21 - Fluxos de Lógica das tarefas operacionais no módulo *process flow* na divisão nacional – proposta de melhoria – configuração T+



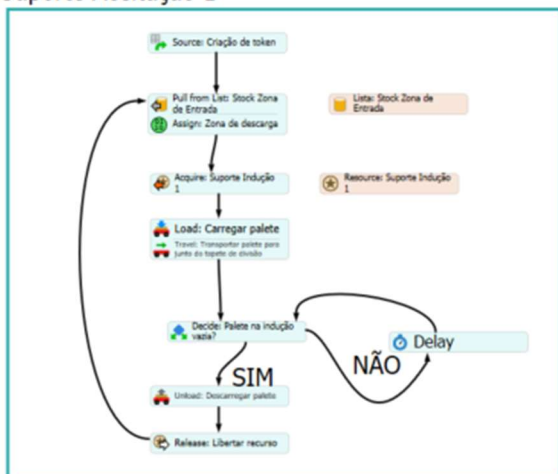
Código B.22 - Código *Set Label by Percentage* utilizado para atribuir uma *label* com o destino dos objetos na divisão regional - proposta de melhoria – configuração Linha

```
Object current = ownerobject(c);
Object item = param(1);
int port = param(2);

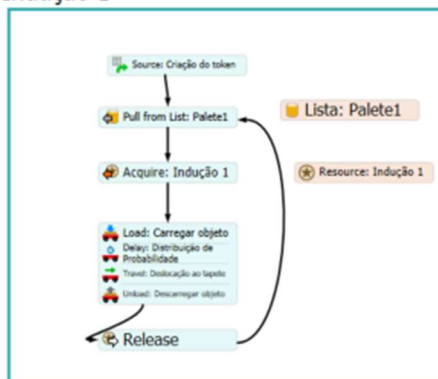
{ // ***** PickOption Start ***** //
/**popup:LabelPercentage:valustr=Value*/
/**Set Label by Percentage*/
int stream = /**\nStream number: *//**tag:stream*//**/getstream(current)/**/;
double randomnum = uniform(0.0, 100.0, stream);
string labelname = /** \nLabel: *//**tag:label*//**/"Destino"/**/;
Object involved = /** \nObject: *//**tag:object*//**/item/**/;
Variant value;
double total = 0.0;
int foundmatch = 0;
/**tagex:data*/
total += /**\nPercent: *//**/20/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/1/**/;
    foundmatch = 1;
}
total += /**\nPercent: *//**/9/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/2/**/;
    foundmatch = 1;
}
total += /**\nPercent: *//**/16/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/3/**/;
    foundmatch = 1;
}
total += /**\nPercent: *//**/25/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/4/**/;
    foundmatch = 1;
}
}/***/
total += /**\nPercent: *//**/30/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/5/**/;
    foundmatch = 1;
}
}/***/
involved.labels.assert(labelname).value = value;
} // ***** PickOption End ***** //
```

Linha

Suporte Aceitação 1



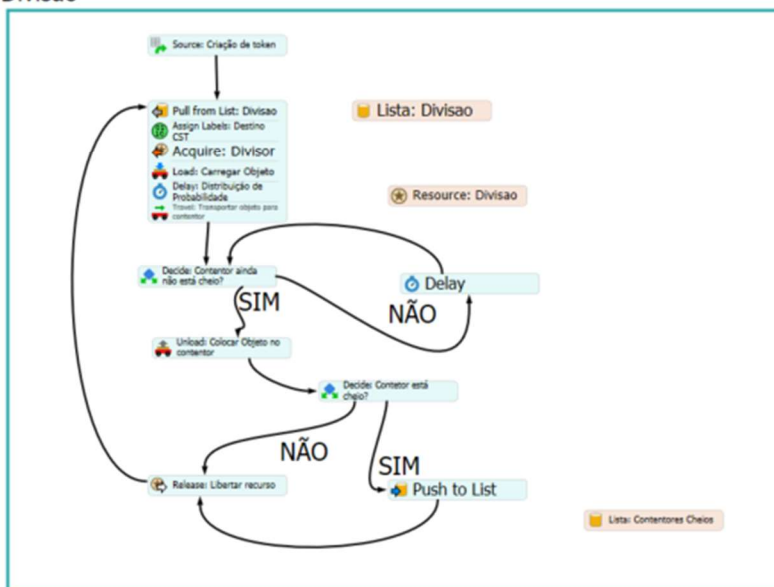
Indução 1



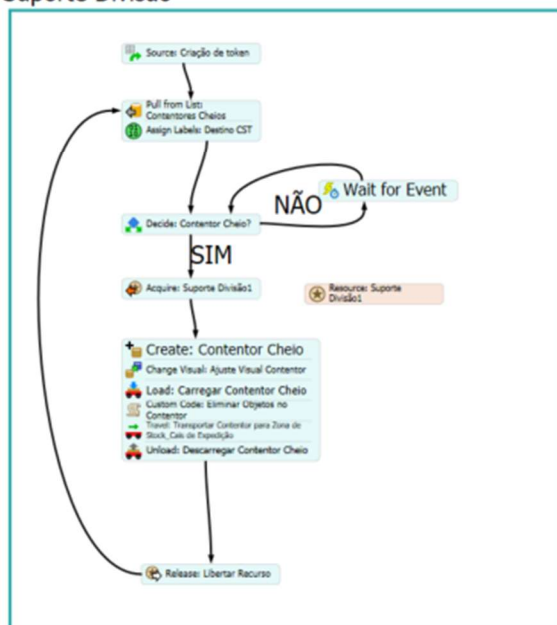
Código: Tapete gravítico



Divisao



Suporte Divisao



Código B.24 - Código *Set Label by Percentage* utilizado para atribuir uma *label* para a realização da triagem na divisão regional - proposta de melhoria – configuração T

```
Object current = ownerobject(c);
Object item = param(1);
int port = param(2);

{ // ***** PickOption Start ***** //
/**popup:LabelPercentage:valuestr=Value*/
/**Set Label by Percentage*/
int stream = /**\nStream number: *//**tag:stream*//**/getstream(current)/**/;
double randomnum = uniform(0.0, 100.0, stream);
string labelname = /** \nLabel: *//**tag:label*//**/"Triagem"/**/;
Object involved = /** \nObject: *//**tag:object*//**/item/**/;
Variant value;
double total = 0.0;
int foundmatch = 0;
/**tagex:data*/
total += /**\nPercent: *//**/45/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/1/**/;
    foundmatch = 1;
}
total += /**\nPercent: *//**/55/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/2/**/;
    foundmatch = 1;
}/***/
involved.labels.assert(labelname).value = value;
} // ***** PickOption End ***** //
```

Código B.25 - Código Set Label by Percentage utilizado para atribuir uma *label* com o destino dos objetos na divisão regional - proposta de melhoria – configuração T

```
Object current = ownerobject(c);
Object item = param(1);
int port = param(2);

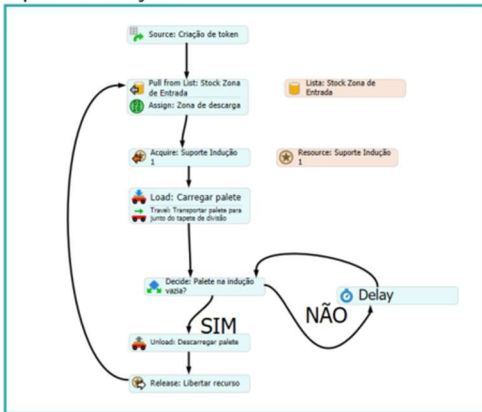
{ // ***** PickOption Start ***** //
/**popup:LabelPercentage:valustr=Value*/
/**Set Label by Percentage*/
int stream = /**\nStream number: *//**tag:stream*//**/getstream(current)/**/;
double randomnum = uniform(0.0, 100.0, stream);
string labelname = /** \nLabel: *//**tag:label*//**/"Destino"/**/;
Object involved = /** \nObject: *//**tag:object*//**/item/**/;
Variant value;
double total = 0.0;
int foundmatch = 0;
/**tagex:data*/
total += /**\nPercent: *//**/45.5/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/4/**/;
    foundmatch = 1;
}/***/
total += /**\nPercent: *//**/54.5/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/5/**/;
    foundmatch = 1;
}/***/
involved.labels.assert(labelname).value = value;
} // ***** PickOption End ***** //
```

Código B.26 - Código Set Label by Percentage utilizado para atribuir uma *label* com o destino dos objetos na divisão regional - proposta de melhoria – configuração T

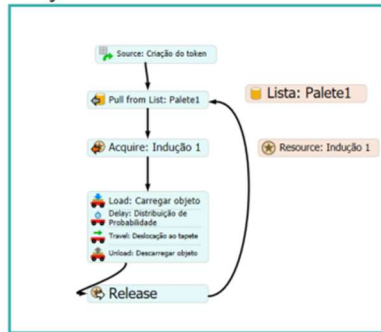
```
Object current = ownerobject(c);
Object item = param(1);
int port = param(2);

{ // ***** PickOption Start ***** //
/**popup:LabelPercentage:valustr=Value*/
/**Set Label by Percentage*/
int stream = /**\nStream number: *//**tag:stream*//**/getstream(current)/**/;
double randomnum = uniform(0.0, 100.0, stream);
string labelname = /** \nLabel: *//**tag:label*//**/"Destino"/**/;
Object involved = /** \nObject: *//**tag:object*//**/item/**/;
Variant value;
double total = 0.0;
int foundmatch = 0;
/**tagex:data*/
total += /**\nPercent: *//**/44.4/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/1/**/;
    foundmatch = 1;
}/***/
total += /**\nPercent: *//**/20/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/2/**/;
    foundmatch = 1;
}/***/
total += /**\nPercent: *//**/35.6/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/3/**/;
    foundmatch = 1;
}/***/
involved.labels.assert(labelname).value = value;
} // ***** PickOption End ***** //
```

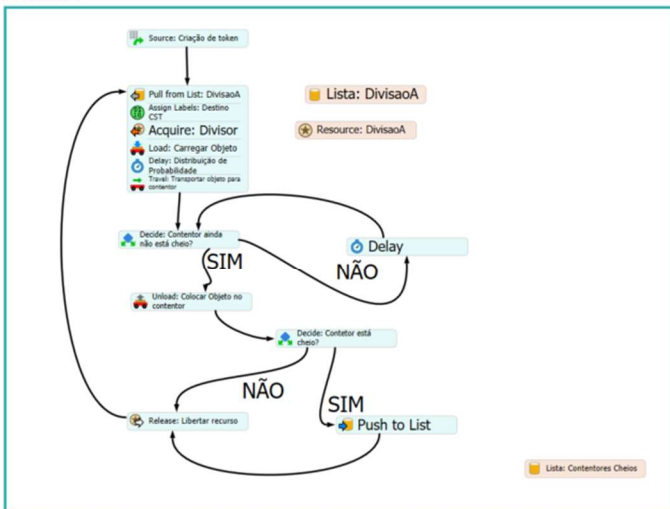
Suporte Aceitação 1



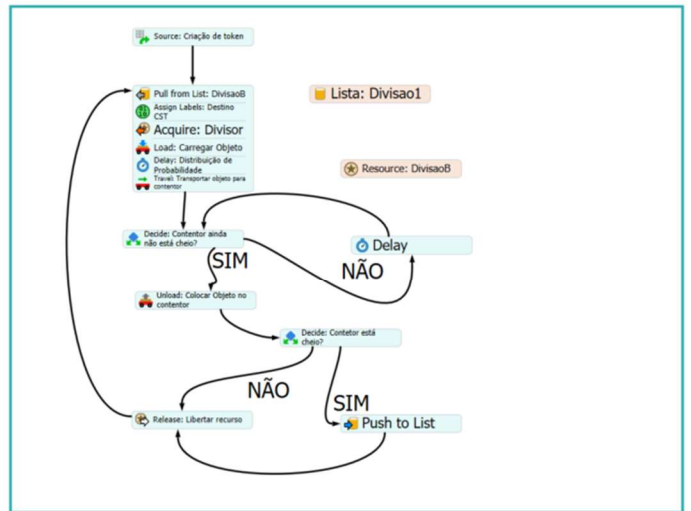
Indução 1



DivisaoA



DivisaoB



Código B.28 - Código *Set Label by Percentage* utilizado para atribuir uma *label* para a realização da triagem na divisão rotas
distribuição - proposta de melhoria – configuração T

```
Object current = ownerobject(c);
Object item = param(1);
int port = param(2);

{ // ***** PickOption Start ***** //
/**popup:LabelPercentage:valuestr=Value*/
/**Set Label by Percentage*/
int stream = /**\nStream number: *//**tag:stream*//**/getstream(current)/**/;
double randomnum = uniform(0.0, 100.0, stream);
string labelname = /** \nLabel: *//**tag:label*//**/"Triagem"/**/;
Object involved = /** \nObject: *//**tag:object*//**/item/**/;
Variant value;
double total = 0.0;
int foundmatch = 0;
/**tagex:data*/
total += /**\nPercent: *//**/50/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/1/**/;
    foundmatch = 1;
}
total += /**\nPercent: *//**/50/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/2/**/;
    foundmatch = 1;
}/***/
involved.labels.assert(labelname).value = value;
} // ***** PickOption End ***** //
```

Código B.29 - Código *Set Label by Percentage* utilizado para atribuir uma *label* com o destino dos objetos na divisão rotas distribuição - proposta de melhoria – configuração T

```

Object current = ownerobject(c);
Object item = param(1);
int port = param(2);

{ // ***** PickOption Start ***** //
/**_popup:LabelPercentage:valustr=Value*/
/**Set Label by Percentage*/
int stream = /**\nStream number: *//**tag:stream*//**/getstream(current)/**/;
double randomnum = uniform(0.0, 100.0, stream);
string labelname = /** \nLabel: *//**tag:label*//**/"Destino"/**/;
Object involved = /** \nObject: *//**tag:object*//**/item/**/;
Variant value;
double total = 0.0;
int foundmatch = 0;
/**tagex:data*/
total += /**\nPercent: *//**/5/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/1/**/;
    foundmatch = 1;
}
total += /**\nPercent: *//**/5/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/2/**/;
    foundmatch = 1;
}
total += /**\nPercent: *//**/5/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/3/**/;
    foundmatch = 1;
}
total += /**\nPercent: *//**/5/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/4/**/;
    foundmatch = 1;
}
}****/
total += /**\nPercent: *//**/5/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/5/**/;
    foundmatch = 1;
}
}****/
total += /**\nPercent: *//**/5/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/6/**/;
    foundmatch = 1;
}
}****/
total += /**\nPercent: *//**/5/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/7/**/;
    foundmatch = 1;
}
}****/
total += /**\nPercent: *//**/5/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/8/**/;
    foundmatch = 1;
}
}
total += /**\nPercent: *//**/5/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/9/**/;
    foundmatch = 1;
}
}
total += /**\nPercent: *//**/5/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/10/**/;
    foundmatch = 1;
}
}

```

```

}
total += /**\nPercent: */**/5/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: */**/11/**/;
    foundmatch = 1;
}/***/
total += /**\nPercent: */**/5/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: */**/12/**/;
    foundmatch = 1;
}/***/
total += /**\nPercent: */**/5/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: */**/13/**/;
    foundmatch = 1;
}/***/
total += /**\nPercent: */**/5/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: */**/14/**/;
    foundmatch = 1;
}/***/
total += /**\nPercent: */**/5/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: */**/15/**/;
    foundmatch = 1;
}
total += /**\nPercent: */**/5/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: */**/16/**/;
    foundmatch = 1;
}
total += /**\nPercent: */**/5/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: */**/17/**/;
    foundmatch = 1;
}/***/
total += /**\nPercent: */**/5/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: */**/18/**/;
    foundmatch = 1;
}/***/
total += /**\nPercent: */**/5/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: */**/19/**/;
    foundmatch = 1;
}/***/
total += /**\nPercent: */**/5/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: */**/20/**/;
    foundmatch = 1;
}/***/
involved.labels.assert(labelname).value = value;
} // ***** PickOption End ***** //

```

Código B.30 - Código *Set Label by Percentage* utilizado para atribuir uma *label* com o destino dos objetos na divisão rotas distribuição - proposta de melhoria – configuração T

```

Object current = ownerobject(c);
Object item = param(1);
int port = param(2);

{ // ***** PickOption Start ***** //
/**_popup:LabelPercentage:valustr=Value*/
/**Set Label by Percentage*/
int stream = /**\nStream number: *//**tag:stream*//**/getstream(current)/**/;
double randomnum = uniform(0.0, 100.0, stream);
string labelname = /** \nLabel: *//**tag:label*//**/"Destino"/**/;
Object involved = /** \nObject: *//**tag:object*//**/item/**/;
Variant value;
double total = 0.0;
int foundmatch = 0;
/**tagex:data*/
total += /**\nPercent: *//**/5/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/21/**/;
    foundmatch = 1;
}
total += /**\nPercent: *//**/5/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/22/**/;
    foundmatch = 1;
}
total += /**\nPercent: *//**/5/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/23/**/;
    foundmatch = 1;
}
total += /**\nPercent: *//**/5/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/24/**/;
    foundmatch = 1;
}
}****/
total += /**\nPercent: *//**/5/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/25/**/;
    foundmatch = 1;
}
}****/
total += /**\nPercent: *//**/5/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/26/**/;
    foundmatch = 1;
}
}****/
total += /**\nPercent: *//**/5/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/27/**/;
    foundmatch = 1;
}
}****/
total += /**\nPercent: *//**/5/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/28/**/;
    foundmatch = 1;
}
}
total += /**\nPercent: *//**/5/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/29/**/;
    foundmatch = 1;
}
}
total += /**\nPercent: *//**/5/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/30/**/;
    foundmatch = 1;
}
}

```

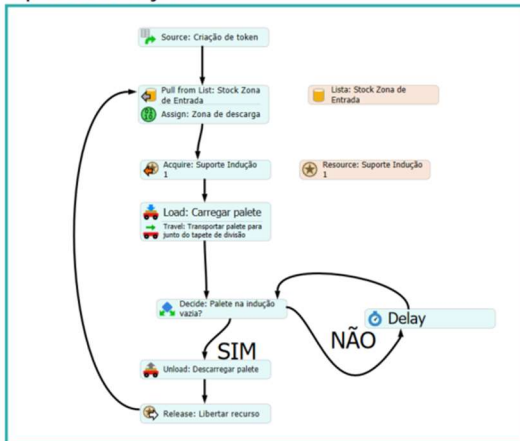
```

}
total += /**\nPercent: */**/5/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: */**/31/**/;
    foundmatch = 1;
}/***/
total += /**\nPercent: */**/5/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: */**/32/**/;
    foundmatch = 1;
}/***/
total += /**\nPercent: */**/5/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: */**/33/**/;
    foundmatch = 1;
}/***/
total += /**\nPercent: */**/5/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: */**/34/**/;
    foundmatch = 1;
}/***/
total += /**\nPercent: */**/5/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: */**/35/**/;
    foundmatch = 1;
}
total += /**\nPercent: */**/5/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: */**/36/**/;
    foundmatch = 1;
}
total += /**\nPercent: */**/5/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: */**/37/**/;
    foundmatch = 1;
}/***/
total += /**\nPercent: */**/5/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: */**/38/**/;
    foundmatch = 1;
}/***/
total += /**\nPercent: */**/5/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: */**/39/**/;
    foundmatch = 1;
}/***/
total += /**\nPercent: */**/5/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: */**/40/**/;
    foundmatch = 1;
}/***/
involved.labels.assert(labelname).value = value;
} // ***** PickOption End ***** //

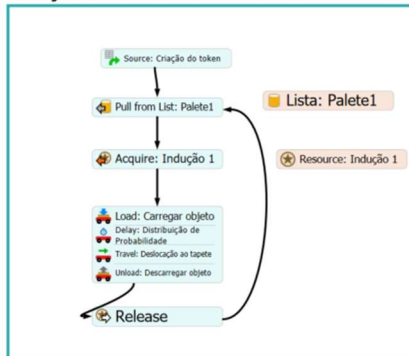
```

Código B.31 - Fluxos de Lógica das tarefas operacionais no módulo *process flow* na divisão rotas distribuição – proposta de melhoria – configuração T

Suporte Aceitação 1



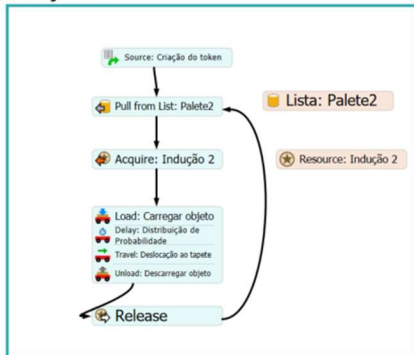
Indução 1



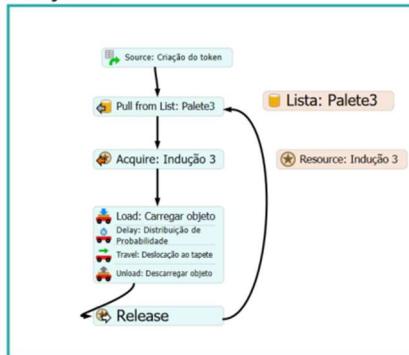
Código: Tapete gravítico



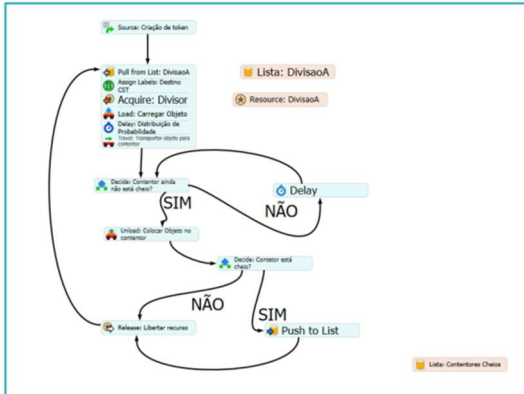
Indução 2



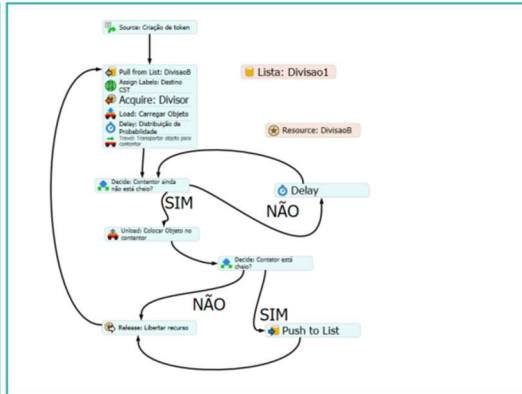
Indução 3



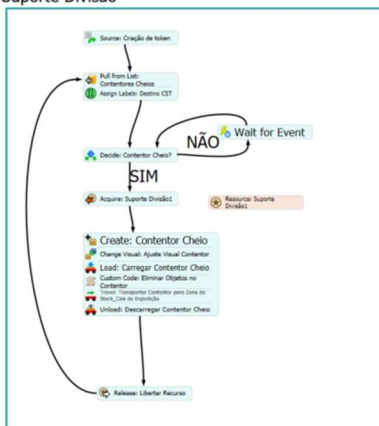
DivisaoA



DivisaoB



Suporte Divisao



Código B.32 - Código *Set Label by Percentage* utilizado para atribuir uma *label* para a realização da triagem na divisão rotas
distribuição - proposta de melhoria – configuração Cruz

```
Object current = ownerobject(c);
Object item = param(1);
int port = param(2);

{ // ***** PickOption Start ***** //
/**popup:LabelPercentage:valuestr=Value*/
/**Set Label by Percentage*/
int stream = /**\nStream number: *//**tag:stream*//**/getstream(current)/**/;
double randomnum = uniform(0.0, 100.0, stream);
string labelname = /** \nLabel: *//**tag:label*//**/"Triagem"/**/;
Object involved = /** \nObject: *//**tag:object*//**/item/**/;
Variant value;
double total = 0.0;
int foundmatch = 0;
/**tagex:data*/
total += /**\nPercent: *//**/33/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/1/**/;
    foundmatch = 1;
}
total += /**\nPercent: *//**/33/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/2/**/;
    foundmatch = 1;
}/***/
total += /**\nPercent: *//**/34/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/3/**/;
    foundmatch = 1;
}/***/
involved.labels.assert(labelname).value = value;
} // ***** PickOption End ***** //
```

Código B.33 - Código *Set Label by Percentage* utilizado para atribuir uma *label* com o destino dos objetos na divisão rotas
distribuição - proposta de melhoria – configuração Cruz

```
Object current = ownerobject(c);
Object item = param(1);
int port = param(2);

{ // ***** PickOption Start ***** //
/**popup:LabelPercentage:valustr=Value*/
/**Set Label by Percentage*/
int stream = /**\nStream number: *//**tag:stream*//**/getstream(current)/**/;
double randomnum = uniform(0.0, 100.0, stream);
string labelname = /** \nLabel: *//**tag:label*//**/"Destino"/**/;
Object involved = /** \nObject: *//**tag:object*//**/item/**/;
Variant value;
double total = 0.0;
int foundmatch = 0;
/**tagex:data*/
total += /**\nPercent: *//**/7/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/1/**/;
    foundmatch = 1;
}
total += /**\nPercent: *//**/7/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/2/**/;
    foundmatch = 1;
}
total += /**\nPercent: *//**/7/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/3/**/;
    foundmatch = 1;
}
total += /**\nPercent: *//**/7/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/4/**/;
    foundmatch = 1;
}
}/***/
total += /**\nPercent: *//**/7/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/5/**/;
    foundmatch = 1;
}
}/***/
total += /**\nPercent: *//**/7/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/6/**/;
    foundmatch = 1;
}
}
total += /**\nPercent: *//**/7/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/7/**/;
    foundmatch = 1;
}
}
total += /**\nPercent: *//**/7/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/8/**/;
    foundmatch = 1;
}
}
total += /**\nPercent: *//**/7/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/9/**/;
    foundmatch = 1;
}
}/***/
total += /**\nPercent: *//**/7/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/10/**/;
    foundmatch = 1;
}
}
```

```

}/**/
total += /**\nPercent: **/**/7/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: **/**/11/**/;
    foundmatch = 1;
}
total += /**\nPercent: **/**/7/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: **/**/12/**/;
    foundmatch = 1;
}
total += /**\nPercent: **/**/7/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: **/**/13/**/;
    foundmatch = 1;
}
total += /**\nPercent: **/**/9/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: **/**/14/**/;
    foundmatch = 1;
}/**/
involved.labels.assert(labelname).value = value;
} // ***** PickOption End ***** //

```

Código B.34 - Código *Set Label by Percentage* utilizado para atribuir uma *label* com o destino dos objetos na divisão rotas
distribuição - proposta de melhoria – configuração Cruz

```
Object current = ownerobject(c);
Object item = param(1);
int port = param(2);

{ // ***** PickOption Start ***** //
/**_popup:LabelPercentage:valustr=Value*/
/**Set Label by Percentage*/
int stream = /**\nStream number: **/****tag:stream**/**/getstream(current)**/;
double randomnum = uniform(0.0, 100.0, stream);
string labelname = /** \nLabel: **/****tag:label**/**/"Destino"/**/;
Object involved = /** \nObject: **/****tag:object**/**/item**/;
Variant value;
double total = 0.0;
int foundmatch = 0;
/**tagex:data*/
total += /**\nPercent: **/****7.69**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: **/****15**/;
    foundmatch = 1;
}
total += /**\nPercent: **/****7.69**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: **/****16**/;
    foundmatch = 1;
}
total += /**\nPercent: **/****7.69**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: **/****17**/;
    foundmatch = 1;
}
total += /**\nPercent: **/****7.69**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: **/****18**/;
    foundmatch = 1;
}
}****/
total += /**\nPercent: **/****7.69**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: **/****19**/;
    foundmatch = 1;
}
}****/
total += /**\nPercent: **/****7.69**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: **/****20**/;
    foundmatch = 1;
}
total += /**\nPercent: **/****7.69**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: **/****21**/;
    foundmatch = 1;
}
total += /**\nPercent: **/****7.69**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: **/****22**/;
    foundmatch = 1;
}
total += /**\nPercent: **/****7.69**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: **/****23**/;
    foundmatch = 1;
}
}****/
total += /**\nPercent: **/****7.69**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: **/****24**/;
    foundmatch = 1;
}
```

```

}/**/
total += /**\nPercent: *//**/7.69/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/25/**/;
    foundmatch = 1;
}
total += /**\nPercent: *//**/7.69/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/26/**/;
    foundmatch = 1;
}
total += /**\nPercent: *//**/7.72/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/27/**/;
    foundmatch = 1;
}
involved.labels.assert(labelname).value = value;
} // ***** PickOption End ***** //

```

Código B.35 - Código *Set Label by Percentage* utilizado para atribuir uma *label* com o destino dos objetos na divisão rotas distribuição - proposta de melhoria – configuração Cruz

```

Object current = ownerobject(c);
Object item = param(1);
int port = param(2);

{ // ***** PickOption Start ***** //
/**_popup:LabelPercentage:valustr=Value*/
/**Set Label by Percentage*/
int stream = /**\nStream number: *//**tag:stream*//**/getstream(current)/**/;
double randomnum = uniform(0.0, 100.0, stream);
string labelname = /** \nLabel: *//**tag:label*//**/"Destino"/**/;
Object involved = /** \nObject: *//**tag:object*//**/item/**/;
Variant value;
double total = 0.0;
int foundmatch = 0;
/**tagex:data*/
total += /**\nPercent: *//**/7.69/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/28/**/;
    foundmatch = 1;
}
total += /**\nPercent: *//**/7.69/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/29/**/;
    foundmatch = 1;
}
total += /**\nPercent: *//**/7.69/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/30/**/;
    foundmatch = 1;
}
total += /**\nPercent: *//**/7.69/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/31/**/;
    foundmatch = 1;
}
}/***/
total += /**\nPercent: *//**/7.69/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/32/**/;
    foundmatch = 1;
}
}/***/
total += /**\nPercent: *//**/7.69/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/33/**/;
    foundmatch = 1;
}
total += /**\nPercent: *//**/7.69/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/34/**/;
    foundmatch = 1;
}
total += /**\nPercent: *//**/7.69/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/35/**/;
    foundmatch = 1;
}
total += /**\nPercent: *//**/7.69/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/36/**/;
    foundmatch = 1;
}
}/***/
total += /**\nPercent: *//**/7.69/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/37/**/;
    foundmatch = 1;
}
}

```

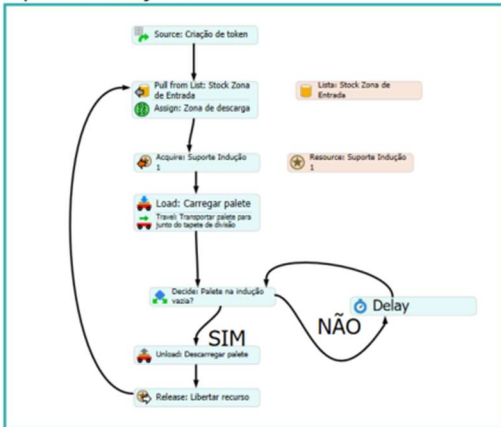
```

}/**/
total += /**\nPercent: **/**/7.69/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: **/**/38/**/;
    foundmatch = 1;
}
total += /**\nPercent: **/**/7.69/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: **/**/39/**/;
    foundmatch = 1;
}
total += /**\nPercent: **/**/7.72/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: **/**/40/**/;
    foundmatch = 1;
}
involved.labels.assert(labelname).value = value;
} // ***** PickOption End ***** //

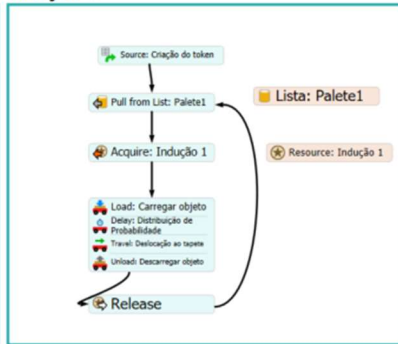
```

Código B.36 - Fluxos de Lógica das tarefas operacionais no módulo *process flow* na divisão rotas distribuição – proposta de melhoria – configuração T

Suporte Aceitação 1



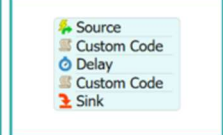
Indução 1



Código: Tapete gravítico



Código: Tapete gravítico2



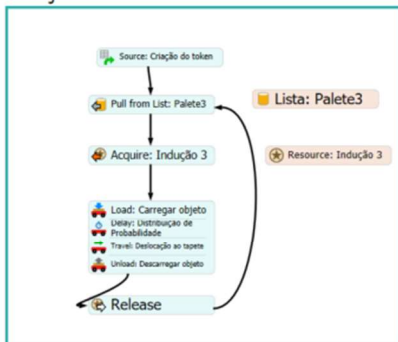
Código: Tapete gravítico3



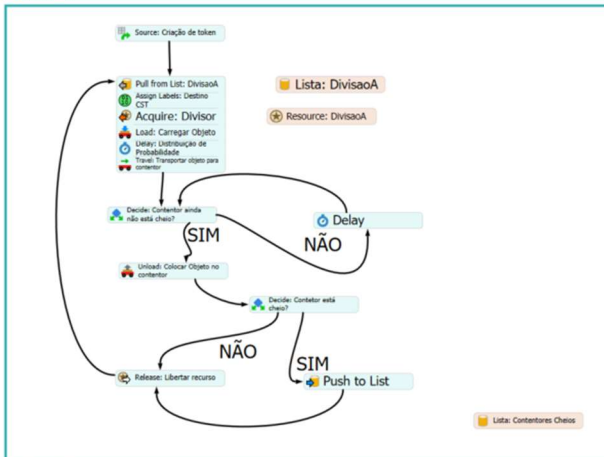
Indução 2



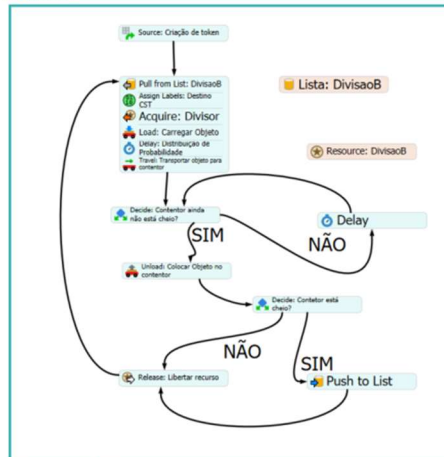
Indução 3



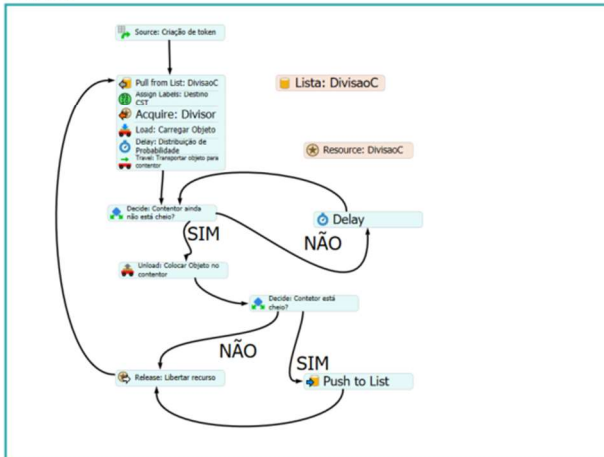
DivisaoA



DivisaoB



DivisaoC



Suporte Divisao



Código B.37 - Código *Set Label by Percentage* utilizado para atribuir uma *label* para a realização da triagem na divisão rotas distribuição - proposta de melhoria – configuração T+

```
Object current = ownerobject(c);
Object item = param(1);
int port = param(2);

{ // ***** PickOption Start ***** //
/**popup:LabelPercentage:valuestr=Value*/
/**Set Label by Percentage*/
int stream = /**\nStream number: *//**tag:stream*//**/getstream(current)/**/;
double randomnum = uniform(0.0, 100.0, stream);
string labelname = /** \nLabel: *//**tag:label*//**/"Triagem"/**/;
Object involved = /** \nObject: *//**tag:object*//**/item/**/;
Variant value;
double total = 0.0;
int foundmatch = 0;
/**tagex:data*/
total += /**\nPercent: *//**/25/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/1/**/;
    foundmatch = 1;
}
total += /**\nPercent: *//**/25/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/2/**/;
    foundmatch = 1;
}/***/
total += /**\nPercent: *//**/25/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/3/**/;
    foundmatch = 1;
}/***/
total += /**\nPercent: *//**/25/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/4/**/;
    foundmatch = 1;
}/***/
involved.labels.assert(labelname).value = value;
} // ***** PickOption End ***** //
```

Código B.38 - Código *Set Label by Percentage* utilizado para atribuir uma *label* com o destino dos objetos na divisão rotas distribuição - proposta de melhoria – configuração T+

```
Object current = ownerobject(c);
Object item = param(1);
int port = param(2);

{ // ***** PickOption Start ***** //
/**popup:LabelPercentage:valustr=Value*/
/**Set Label by Percentage*/
int stream = /**\nStream number: *//**tag:stream*//**/getstream(current)/**/;
double randomnum = uniform(0.0, 100.0, stream);
string labelname = /** \nLabel: *//**tag:label*//**/"Destino"/**/;
Object involved = /** \nObject: *//**tag:object*//**/item/**/;
Variant value;
double total = 0.0;
int foundmatch = 0;
/**tagex:data*/
total += /**\nPercent: *//**/10/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/1/**/;
    foundmatch = 1;
}
total += /**\nPercent: *//**/10/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/2/**/;
    foundmatch = 1;
}/***/
total += /**\nPercent: *//**/10/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/3/**/;
    foundmatch = 1;
}/***/
total += /**\nPercent: *//**/10/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/4/**/;
    foundmatch = 1;
}
total += /**\nPercent: *//**/10/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/5/**/;
    foundmatch = 1;
}/***/
total += /**\nPercent: *//**/10/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/6/**/;
    foundmatch = 1;
}/***/
total += /**\nPercent: *//**/10/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/7/**/;
    foundmatch = 1;
}
total += /**\nPercent: *//**/10/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/8/**/;
    foundmatch = 1;
}/***/
total += /**\nPercent: *//**/10/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/9/**/;
    foundmatch = 1;
}/***/
total += /**\nPercent: *//**/10/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/10/**/;
    foundmatch = 1;
}
```

```

}
involved.labels.assert(labelname).value = value;
} // ***** PickOption End ***** //

```

Código B.39 - Código *Set Label by Percentage* utilizado para atribuir uma *label* com o destino dos objetos na divisão rotas distribuição - proposta de melhoria – configuração T+

```

Object current = ownerobject(c);
Object item = param(1);
int port = param(2);

{ // ***** PickOption Start ***** //
/**popup:LabelPercentage:valustr=Value*/
/**Set Label by Percentage*/
int stream = /**\nStream number: *//**tag:stream*//**/getstream(current)/**/;
double randomnum = uniform(0.0, 100.0, stream);
string labelname = /** \nLabel: *//**tag:label*//**/"Destino"/**/;
Object involved = /** \nObject: *//**tag:object*//**/item/**/;
Variant value;
double total = 0.0;
int foundmatch = 0;
/**tagex:data*/
total += /**\nPercent: *//**/10/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/11/**/;
    foundmatch = 1;
}
total += /**\nPercent: *//**/10/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/12/**/;
    foundmatch = 1;
}/***/
total += /**\nPercent: *//**/10/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/13/**/;
    foundmatch = 1;
}/***/
total += /**\nPercent: *//**/10/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/14/**/;
    foundmatch = 1;
}
total += /**\nPercent: *//**/10/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/15/**/;
    foundmatch = 1;
}/***/
total += /**\nPercent: *//**/10/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/16/**/;
    foundmatch = 1;
}/***/
total += /**\nPercent: *//**/10/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/17/**/;
    foundmatch = 1;
}
total += /**\nPercent: *//**/10/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/18/**/;
    foundmatch = 1;
}/***/
total += /**\nPercent: *//**/10/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/19/**/;

```

```

        foundmatch = 1;
    }/****/
total += /**\nPercent: *//**/10/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/20/**/;
    foundmatch = 1;
}
involved.labels.assert(labelname).value = value;
} // ***** PickOption End ***** //

```

Código B.40 - Código *Set Label by Percentage* utilizado para atribuir uma *label* com o destino dos objetos na divisão rotas distribuição - proposta de melhoria – configuração T+

```

Object current = ownerobject(c);
Object item = param(1);
int port = param(2);

{ // ***** PickOption Start ***** //
/**popup:LabelPercentage:valuestr=Value*/
/**Set Label by Percentage*/
int stream = /**\nStream number: *//**tag:stream*//**/getstream(current)/**/;
double randomnum = uniform(0.0, 100.0, stream);
string labelname = /** \nLabel: *//**tag:label*//**/"Destino"/**/;
Object involved = /** \nObject: *//**tag:object*//**/item/**/;
Variant value;
double total = 0.0;
int foundmatch = 0;
/**tagex:data*/
total += /**\nPercent: *//**/10/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/21/**/;
    foundmatch = 1;
}
total += /**\nPercent: *//**/10/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/22/**/;
    foundmatch = 1;
}
}****/
total += /**\nPercent: *//**/10/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/23/**/;
    foundmatch = 1;
}
}****/
total += /**\nPercent: *//**/10/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/24/**/;
    foundmatch = 1;
}
}
total += /**\nPercent: *//**/10/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/25/**/;
    foundmatch = 1;
}
}****/
total += /**\nPercent: *//**/10/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/26/**/;
    foundmatch = 1;
}
}****/
total += /**\nPercent: *//**/10/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/27/**/;
    foundmatch = 1;
}
}
total += /**\nPercent: *//**/10/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {

```

```

        value = /** Value: *//**/28/**/;
        foundmatch = 1;
    }/***/
total += /**\nPercent: *//**/10/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/29/**/;
    foundmatch = 1;
}/***/
total += /**\nPercent: *//**/10/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/30/**/;
    foundmatch = 1;
}
involved.labels.assert(labelname).value = value;
} // ***** PickOption End ***** //

```

Código B.41 - Código *Set Label by Percentage* utilizado para atribuir uma *label* com o destino dos objetos na divisão rotas distribuição - proposta de melhoria – configuração T+

```

Object current = ownerobject(c);
Object item = param(1);
int port = param(2);

{ // ***** PickOption Start ***** //
/**popUp:LabelPercentage:valuestr=Value*/
/**Set Label by Percentage*/
int stream = /**\nStream number: *//**tag:stream*//**/getstream(current)/**/;
double randomnum = uniform(0.0, 100.0, stream);
string labelname = /** \nLabel: *//**tag:label*//**/"Destino"/**/;
Object involved = /** \nObject: *//**tag:object*//**/item/**/;
Variant value;
double total = 0.0;
int foundmatch = 0;
/**tagex:data*/
total += /**\nPercent: *//**/10/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/31/**/;
    foundmatch = 1;
}
total += /**\nPercent: *//**/10/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/32/**/;
    foundmatch = 1;
}/***/
total += /**\nPercent: *//**/10/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/33/**/;
    foundmatch = 1;
}/***/
total += /**\nPercent: *//**/10/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/34/**/;
    foundmatch = 1;
}
total += /**\nPercent: *//**/10/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/35/**/;
    foundmatch = 1;
}/***/
total += /**\nPercent: *//**/10/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/36/**/;
    foundmatch = 1;
}/***/
total += /**\nPercent: *//**/10/**/;

```

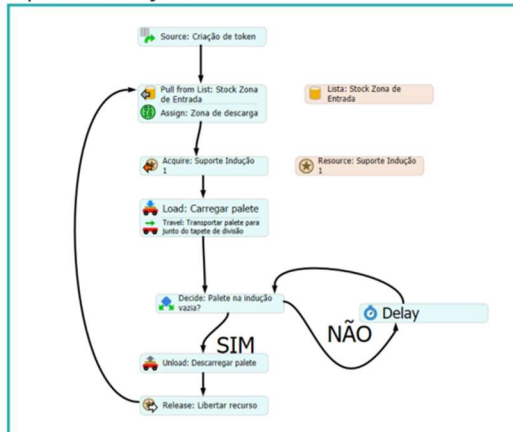
```

if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/37/**/;
    foundmatch = 1;
}
total += /**\nPercent: *//**/10/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/38/**/;
    foundmatch = 1;
}/***/
total += /**\nPercent: *//**/10/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/39/**/;
    foundmatch = 1;
}/***/
total += /**\nPercent: *//**/10/**/;
if (!foundmatch && randomnum <= total) {
    value = /** Value: *//**/40/**/;
    foundmatch = 1;
}
involved.labels.assert(labelname).value = value;
} // ***** PickOption End ***** //

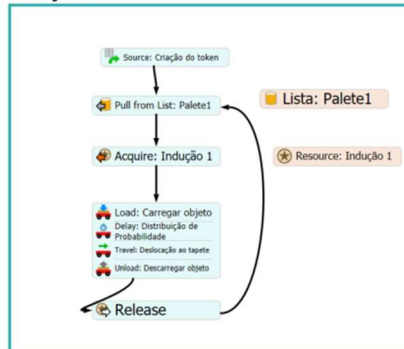
```

Código B.42 - Fluxos de Lógica das tarefas operacionais no módulo *process flow* na divisão rotas distribuição – proposta de melhoria – configuração T+

Suporte Aceitação 1



Indução 1



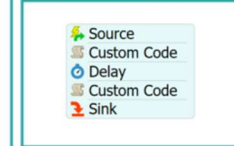
Código: Tapete gravítico3



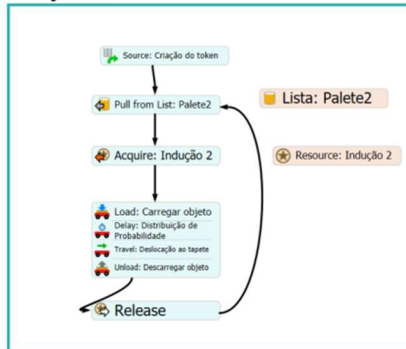
Código: Tapete gravítico



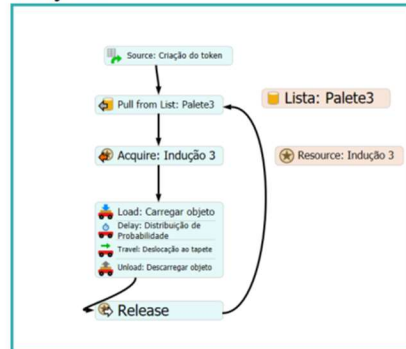
Código: Tapete gravítico2



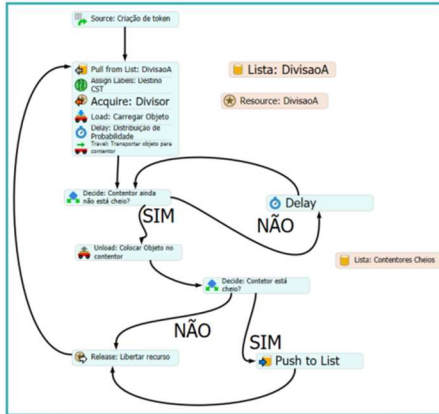
Indução 2



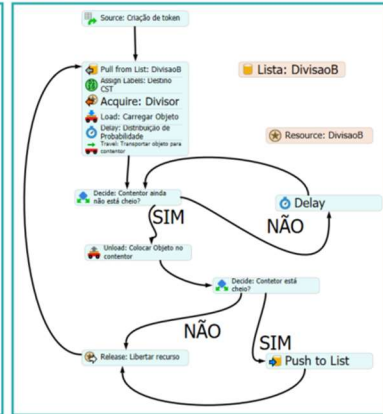
Indução 3



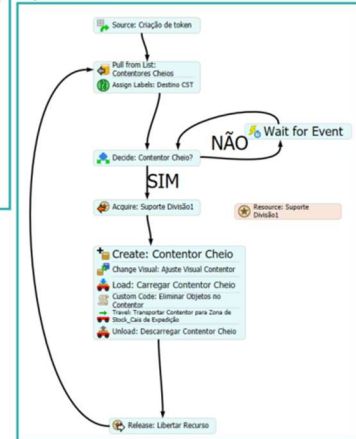
DivisaoA



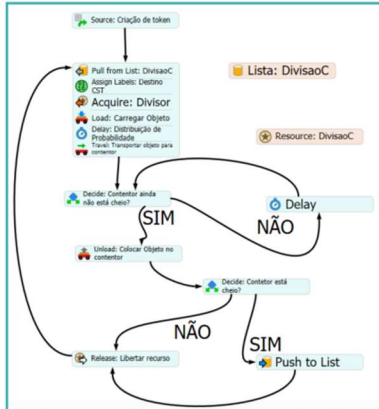
DivisaoB



Suporte Divisao



DivisaoC



DivisaoD

