

Redesenho do calendário semanal de receção de fornecedores num centro de distribuição de retalho alimentar

Ana Isabel Dias Cunha Amorim

Dissertação de Mestrado

Orientador na FEUP: Prof. Carlos Bragança



Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial

2026-06-25

Resumo

A receção de mercadorias constitui o ponto de entrada dos produtos no sistema logístico interno de um centro de distribuição, condicionando as operações subsequentes de armazenagem, preparação de encomendas e expedição. No armazém Picking by Store (PBS) do entreposto da Maia da MC, o calendário semanal de receção foi construído progressivamente à medida que novos fornecedores foram centralizados, sem um procedimento periódico que confrontasse, para cada um, a distribuição formal das entregas com a carga efetivamente recebida. O volume agregado mantém-se relativamente estável, mas concentra-se em determinados dias e horas, coexistindo com períodos de menor intensidade, e este desequilíbrio é agravado pelo desfasamento entre as janelas formais e a chegada efetiva das viaturas da frota interna (VST), cuja prioridade operacional reduz a margem disponível para as restantes entregas.

A presente dissertação propõe o redesenho do calendário semanal de receção a partir de 60 semanas de dados operacionais. As necessidades semanais de cada fornecedor foram reconstruídas com base no percentil 75 do volume histórico, o padrão efetivo de chegada do VST foi convertido numa reserva de capacidade por tipologia e a capacidade efetiva foi dimensionada considerando simultaneamente o espaço de cada zona de receção e a capacidade partilhada de escoamento. O problema foi formulado como uma atribuição binária multicritério com restrições de capacidade e resolvido através de uma heurística construtiva que combina o nivelamento da carga com a aderência às preferências dos fornecedores, executada sob cinco combinações de pesos que percorrem o compromisso entre os dois critérios.

Entre os cenários gerados, foi selecionado o cenário Equilibrado, no qual o coeficiente de variação horário diminui de 1,002 para 0,406, correspondendo a uma redução aproximada de 60% na dispersão relativa da carga, com a maioria das alterações concentrada em ajustes horários até três horas no mesmo dia e sem desvios superiores a três horas nos fornecedores de classe A. No regime típico de volume, o custo operacional equivalente reduz-se em cerca de 85% por semana e a exposição a retenção de viaturas diminui de 177 para 3 viaturas equivalentes por semana; no cenário de maior pressão, a exposição desce de 246 para 123 viaturas equivalentes por semana, uma redução aproximada de 50%. O calendário proposto foi operacionalizado num protótipo de sistema de apoio à decisão que apoia a integração de novos fornecedores, a avaliação de pedidos excecionais e a revisão periódica do calendário, reduzindo a dependência do conhecimento tácito individual e dotando a operação da capacidade de manter o nivelamento ao longo do tempo.

Abstract

Redesign of the Weekly Supplier Receiving Schedule in a Food Retail Distribution Centre

Goods receiving is the entry point of products into the internal logistics system of a distribution centre, conditioning the subsequent storage, order picking and shipping operations. In the Picking by Store (PBS) warehouse of MC's Maia distribution centre, the weekly receiving schedule was built progressively as new suppliers were centralised, without a periodic procedure to confront the formal distribution of deliveries with the load actually received. Aggregate volume remains relatively stable, but it concentrates on particular days and hours, coexisting with periods of lower intensity, and this imbalance is aggravated by the mismatch between the formal time windows and the actual arrival of the internal fleet vehicles (VST), whose operational priority reduces the margin available for the remaining deliveries.

This dissertation proposes the redesign of the weekly receiving schedule based on 60 weeks of operational data. The weekly needs of each supplier were reconstructed from the 75th percentile of the historical volume, the actual VST arrival pattern was converted into a capacity reservation per product typology, and the effective capacity was dimensioned considering both the space of each receiving area and the shared put-away capacity. The problem was formulated as a multi-criteria binary assignment with capacity constraints and solved through a constructive heuristic that combines load levelling with adherence to supplier preferences, executed under five weight combinations that span the trade-off between the two criteria.

Among the generated scenarios, the Equilibrado (balanced) scenario was selected, in which the hourly coefficient of variation decreases from 1.002 to 0.406, corresponding to an approximate 60% reduction in the relative dispersion of the load, with most changes concentrated in time adjustments of up to three hours on the same day and no deviations above three hours for class A suppliers. Under the typical volume regime, the equivalent operating cost decreases by approximately 85% per week and the exposure to vehicle retention falls from 177 to 3 equivalent vehicles per week; under the highest-pressure scenario, exposure falls from 246 to 123 equivalent vehicles per week, an approximate 50% reduction. The proposed schedule was operationalised in a decision support system prototype that supports the integration of new suppliers, the assessment of exceptional requests and the periodic review of the schedule, reducing dependence on individual tacit knowledge and providing the operation with the capability to sustain the levelling over time.

Agradecimentos

Sendo este o culminar do trabalho desenvolvido ao longo dos últimos meses, reservo estas linhas para agradecer a quem me permitiu chegar até aqui.

À Sonae, deixo um grande obrigada pela forma como me acolheu e pela oportunidade de conhecer de perto uma realidade empresarial tão desafiante. Este percurso permitiu-me aprender muito para além do que está refletido nas páginas desta dissertação, aproximando-me da operação, das suas pessoas e da complexidade das decisões que todos os dias a sustentam.

Ao meu orientador na Sonae, Nuno Limões, agradeço o conhecimento partilhado, os conselhos e as experiências, mas também a disponibilidade constante para arranjar sempre um tempinho para as minhas “perguntinhas rápidas”, que nem sempre o eram, confesso.

À equipa do armazém PBS, agradeço toda a ajuda e, sobretudo, a generosidade com que partilharam aquilo que não se aprende apenas nos dados, mas na vivência diária da operação. Levo comigo essa visão prática, feita de experiência, detalhe e do gosto com que vivem o trabalho que fazem.

Ao meu orientador na faculdade, Professor Carlos Bragança, agradeço a ajuda, a disponibilidade e o acompanhamento ao longo deste trabalho, especialmente nos momentos em que as dúvidas pareciam ser mais numerosas do que as respostas.

Ao olhar para trás, recordo também os últimos cinco anos e a FEUP, segunda casa onde tanto aprendi e cresci. E, ao recordá-los, é impossível não pensar em quem fez esta caminhada comigo.

À minha família, agradeço, acima de tudo, a possibilidade de me dedicar por inteiro a esta etapa, bem como o apoio e a paciência em todas as alturas.

Aos amigos de sempre e aos que fui fazendo pelo caminho, obrigada por estarem lá, pela companhia, pelas conversas certas nos momentos certos e por todos os momentos extracurriculares que esta casa também nos soube proporcionar.

A todos, o meu muito obrigada!

Chegar ao fim desta caminhada é também reconhecer que nenhum percurso se faz verdadeiramente sozinho. Esta dissertação encerra uma etapa, mas leva consigo as pessoas que a percorreram comigo, as que ajudaram a preparar o caminho e tudo o que o tornou mais bonito.

“Se podes olhar, vê. Se podes ver, repara.”

José Saramago

Conteúdo

1	Introdução	1
1.1	Enquadramento do projeto e motivação	1
1.2	A empresa	2
1.3	Objetivos do projeto	3
1.4	Método seguido no projeto	4
1.5	Estrutura da dissertação	4
2	Revisão de literatura	5
2.1	Enquadramento da receção nas operações de armazém	5
2.2	Sistemas de agendamento de receção	6
2.2.1	Tipologia dos sistemas de agendamento	7
2.2.2	Níveis de decisão tático e operacional	7
2.2.3	Abordagens fixas e abordagens dinâmicas	8
2.3	Nivelamento de carga e apoio à decisão	9
2.3.1	Fundamentos do nivelamento de carga	9
2.3.2	Apoio à decisão e simulação	9
2.4	Síntese crítica e posicionamento da investigação	10
3	Descrição do Problema	13
3.1	Contexto operacional e fluxos em estudo	13
3.2	O processo de receção de mercadorias	14
3.2.1	Decisões a montante	14
3.2.2	Execução operacional da receção	14
3.3	Processo atual de agendamento	16
3.4	Restrições operacionais e espaço de decisão	17
3.4.1	Restrições físicas	17
3.4.2	Restrições associadas aos fluxos	18
3.4.3	Restrições temporais	18
3.4.4	Espaço de decisão	19
3.5	Caracterização AS-IS do problema	19
3.5.1	Padrão semanal e mensal	19
3.5.2	Perfil horário e distribuição por turno	20
3.5.3	Pontualidade efetiva e composição dos desvios	21
3.5.4	Concentração por fornecedor e análise ABC	22
3.5.5	Semana de pico	23
3.6	Formulação do problema e requisitos da solução	24

4	Metodologia	25
4.1	Desenho metodológico	25
4.2	Tratamento e integração dos dados	26
4.2.1	Horizonte temporal e fontes	26
4.2.2	Limpeza e cruzamento das receções	26
4.2.3	Curadoria da carteira de fornecedores	26
4.2.4	Reconstrução do agendamento e necessidades semanais	27
4.3	Análise e modelação do fluxo VST	28
4.3.1	Da análise por fornecedor à análise por tipologia	28
4.4	Dimensionamento da capacidade efetiva	29
4.5	Formulação matemática do problema	30
4.6	Heurística de resolução	32
4.6.1	Estrutura e justificação	32
4.6.2	Critérios de pontuação	32
4.6.3	Cenários de pesos	33
4.6.4	Procedimento algorítmico	34
4.7	Avaliação comparativa dos cenários	35
4.7.1	Indicadores de nivelamento e aproveitamento	35
4.7.2	Modelo de custo operacional	36
4.7.3	Perfis de volume e robustez financeira	36
4.7.4	Aderência ao calendário atual	36
4.7.5	Validação e robustez	37
4.8	Protótipo de sistema de apoio à decisão	37
4.9	Síntese da metodologia	38
5	Resultados	39
5.1	Carteira de fornecedores e necessidades semanais	39
5.2	Fornecedores fixos e reserva VST	40
5.3	Seleção do cenário proposto	41
5.4	Avaliação operacional do cenário selecionado	45
5.5	Exposição a retenção de viaturas	47
5.6	Protótipo de sistema de apoio à decisão	47
6	Conclusão	49
6.1	Síntese do trabalho e principais resultados	49
6.2	Contributos da dissertação	50
6.3	Limitações	50
6.4	Desenvolvimentos futuros	51
6.5	Considerações finais	51
6.6	Alinhamento com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável	52
	Referências	53
A	Protótipo de sistema de apoio à decisão	55

Acronyms and Symbols

ASN	Advance Shipping Notice
BAS	Block Appointment System
BEB	Bebidas
CV	Coeficiente de Variação
DAS	Dynamic Appointment System
DPH	Drogaria, Perfumaria e Higiene
ETA	Estimated Time of Arrival
FIFO	First In, First Out
IAS	Individual Appointment System
KPI	Key Performance Indicator
MER	Mercearia
MPRS	Master Purchasing Receipt Scheduling
PBL	Picking by Line
PBS	Picking by Store
SKU	Stock Keeping Unit
STAS	Static Appointment System
TAS	Truck Appointment System
VST	Venda de Serviços de Transporte

Símbolos

q_j^{ref}	Quantidade semanal de referência do índice de junção j
n_j	Número de janelas semanais necessárias do índice de junção j
φ_c	Frequência de ocorrência do VST na célula c
R_c	Capacidade reservada ao VST na célula c
$\bar{E}_t$	Capacidade efetiva de espaço da tipologia t
$\bar{L}_h$	Capacidade efetiva de escoamento na hora h
$U_{t,d,h}$	Utilização da célula (t, d, h)
w_n, w_a	Pesos de nivelamento e de aderência

Lista de Figuras

1.1	Portefólio da Sonae. Fonte: Sonae (2025).	3
3.1	Agendamento atualmente atribuído, expresso em número de fornecedores por hora e dia da semana.	16
3.2	Evolução relativa do volume mensal rececionado. O índice 100 corresponde ao volume mensal médio do período.	19
3.3	Série diária do volume rececionado ao longo do horizonte de análise.	20
3.4	Carga semanal rececionada por turno ao longo do horizonte de análise.	20
3.5	Perfil horário agregado das receções, em paletes por hora do dia.	21
3.6	Distribuição do volume médio rececionado por hora do dia e dia da semana.	21
3.7	Distribuição das receções por categoria de pontualidade.	21
3.8	Composição horária das receções por categoria de cumprimento, nos fluxos VST e não-VST.	22
3.9	Curva de Pareto da carteira de fornecedores.	23
3.10	Perfil horário da semana de pico face à média do horizonte analisado.	23
5.1	Evolução do coeficiente de variação horário com o aumento do peso atribuído ao nivelamento.	42
5.2	Compromisso entre o coeficiente de variação horário e o número de janelas alteradas nos cenários TO-BE.	44
5.3	Utilização da capacidade de escoamento nos dois perfis de volume.	46
A.1	Vista do calendário-mestre.	56
A.2	Stock estimado no cais por tipologia.	57
A.3	Dashboard de fornecedores.	57
A.4	Formulário de integração de novos fornecedores.	58
A.5	Formulário de alteração de fornecedores.	58

Lista de Tabelas

2.1	Tipologia dos sistemas de agendamento de entregas	7
2.2	Síntese comparativa das abordagens de agendamento e posicionamento da investigação	11
3.1	Requisitos da solução proposta.	24
4.1	Fontes de dados e respetiva utilização metodológica.	26
4.2	Função de aderência às preferências do fornecedor.	33
4.3	Indicadores considerados na avaliação comparativa dos cenários.	35
5.1	Carteira de fornecedores ativos e necessidades semanais estimadas.	40
5.2	Desempenho da reserva VST por tipologia.	41
5.3	Indicadores de nivelamento e aproveitamento por cenário.	42
5.4	Extensão e natureza das alterações propostas por cenário.	43
5.5	Distribuição das alterações por classe ABC nos cenários considerados para seleção.	43
5.6	Síntese do nivelamento e esforço de implementação nos cenários considerados.	44
5.7	Perfis de volume considerados na avaliação operacional.	45
5.8	Custo operacional equivalente por componente e perfil de volume.	46
5.9	Exposição a retenção de viaturas por perfil de volume, com o AS-IS calibrado como referência (viaturas equivalentes por semana).	47
5.10	Correspondência entre limitações do agendamento e vistas do protótipo.	48
6.1	Alinhamento do trabalho com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.	52

Capítulo 1

Introdução

1.1 Enquadramento do projeto e motivação

Segundo Council of Supply Chain Management Professionals (2013), a logística corresponde à parte da gestão da cadeia de abastecimento responsável por planejar, implementar e controlar, de forma eficiente e eficaz, os fluxos e o armazenamento de bens, serviços e informação associada, desde a origem até ao ponto de consumo, com o objetivo de satisfazer os requisitos do cliente. No contexto do retalho alimentar, esta função é particularmente visível na disponibilidade de produto nas lojas, na prevenção de ruturas e na capacidade de resposta da operação às necessidades de abastecimento.

Os entrepostos articulam os fornecedores com a rede de distribuição. Neste contexto, a receção de mercadorias assume particular relevância, por constituir o ponto de entrada dos produtos no sistema logístico interno e condicionar as operações subsequentes de armazenamento, preparação de encomendas e expedição (Rouwenhorst et al. 2000; Gu, Goetschalckx e McGinnis 2007). A chegada das viaturas, a ocupação dos cais, a descarga, a conferência e o aprovisionamento das localizações de armazenagem têm de ser compatibilizados com a capacidade disponível. Quando esta articulação não é assegurada, podem surgir concentrações de carga em determinados períodos, tempos de espera, acumulação de paletes nas zonas de receção e uma utilização desequilibrada dos recursos ao longo do dia.

O agendamento dos fornecedores constitui um mecanismo de coordenação operacional: determina a distribuição semanal da carga e influencia a pressão sobre os cais, o espaço disponível e os recursos afetos ao aprovisionamento. Uma distribuição mais regular das entregas pode contribuir para reduzir picos de atividade e melhorar o aproveitamento da capacidade instalada, sobretudo quando a expansão física da infraestrutura é difícil ou economicamente inviável (Abdelmagid, Gheith e Eltawil 2022; Ying e Liebson 2024).

A relevância deste problema acentua-se em operações de elevada complexidade, marcadas pelo funcionamento contínuo, pela diversidade de fornecedores e pela coexistência de diferentes tipologias de fluxo. Nestas circunstâncias, o agendamento exige uma análise estruturada das restrições da operação e das consequências associadas a cada alteração, ultrapassando o âmbito de

uma simples calendarização.

É neste enquadramento que se insere o presente projeto, desenvolvido no entreposto da Maia da MC. O estudo incide sobre o armazém de *Picking by Store* (PBS), no qual o calendário semanal foi sendo construído progressivamente à medida que novos fornecedores foram centralizados. As janelas atribuídas tendem a permanecer estáveis ao longo do tempo, não existindo um procedimento periódico que confronte a distribuição formal das entregas com a carga habitualmente recebida em cada período. Acresce que parte relevante do volume está associada ao fluxo VST, composto por viaturas da frota interna cuja chegada efetiva pode divergir da janela registada no calendário.

A análise da situação atual evidencia que o principal problema é de distribuição temporal: o volume agregado mantém-se relativamente estável, mas concentra-se em determinados dias e horas, coexistindo com períodos de menor intensidade de receção. Esta assimetria condiciona a capacidade de antecipação da operação e dificulta a avaliação de alterações pontuais, pedidos excecionais e integração de novos fornecedores. Na ausência de uma representação analítica e partilhada da carga, a avaliação destas situações permanece dependente do conhecimento acumulado por um número reduzido de responsáveis operacionais. A presente dissertação procura responder a este problema através do redesenho do calendário semanal de receção. A abordagem desenvolvida combina a análise histórica da operação, a reconstrução das necessidades dos fornecedores, o tratamento específico do VST, a representação da capacidade disponível e uma heurística construtiva multicritério. A solução procura reduzir concentrações excessivas de carga, respeitando simultaneamente as restrições físicas da receção e a necessidade de limitar alterações demasiado exigentes para os fornecedores.

A aplicação da metodologia permitiu comparar cinco cenários com diferentes ponderações atribuídas ao nivelamento e à aderência ao calendário atual. Entre as alternativas analisadas, foi selecionado o cenário Equilibrado, por apresentar o compromisso mais adequado entre melhoria operacional e esforço de implementação. Neste cenário, o coeficiente de variação horário diminuiu de 1,002 para 0,406, correspondendo a uma redução aproximada de 60% na dispersão relativa da carga. No regime típico de volume, o custo operacional equivalente estimado reduz-se em cerca de 85% por semana; no cenário de maior pressão, a redução correspondente é de cerca de 45%. Em paralelo, a exposição a retenção de viaturas diminuiu de 177 para 3 viaturas equivalentes por semana no regime típico e de 246 para 123 no cenário de maior pressão. A poupança no custo operacional decorre da reorganização do calendário, ao passo que a exposição a retenção mede um risco contratual cuja conversão em custo depende das condições negociais de cada fornecedor.

1.2 A empresa

A Sonae é um dos principais grupos empresariais portugueses, com atividade diversificada pelo retalho, telecomunicações, imobiliário e tecnologia, tendo registado em 2025 um desempenho recorde e consolidado a sua posição entre os maiores retalhistas da Península Ibérica (Sonae 2025).

Como ilustrado na Figura 1.1, o seu portefólio organiza-se em quatro áreas principais, sendo a MC, dedicada ao retalho alimentar, a unidade de maior dimensão e o foco deste projeto.



Figura 1.1: Portefólio da Sonae. Fonte: Sonae (2025).

O projeto incide sobre a MC, unidade dedicada sobretudo ao retalho alimentar e responsável por uma rede superior a 400 lojas em Portugal. Para assegurar o seu abastecimento, a MC dispõe de uma operação logística própria, assente em centros de distribuição estrategicamente localizados em Portugal e orientada para articular os fluxos provenientes dos fornecedores com as necessidades das lojas.

O presente projeto foi desenvolvido no entreposto da Maia, integrado nesta rede logística. O estudo centra-se no armazém PBS, no qual a receção se encontra organizada por tipologia de produto. Esta configuração implica que a capacidade não possa ser analisada apenas como um total agregado de paletes por hora: o espaço disponível é limitado em cada área de receção, enquanto os recursos responsáveis pelo aprovisionamento são partilhados. A articulação entre estas duas dimensões constitui um elemento central do problema analisado.

1.3 Objetivos do projeto

A presente dissertação tem como objetivo geral desenvolver uma proposta de redesenho do calendário semanal de receção dos fornecedores do armazém PBS do entreposto da Maia, promovendo uma distribuição mais equilibrada da carga ao longo da semana e uma utilização mais eficiente da capacidade disponível.

O problema em análise consiste em definir um calendário ajustado à realidade operacional da receção, capaz de incorporar a ocupação esperada associada ao fluxo VST, as limitações de espaço das diferentes zonas, a capacidade partilhada de aprovisionamento e a necessidade de preservar a exequibilidade das alterações propostas. A solução deverá ainda considerar que os fornecedores apresentam diferentes margens de flexibilidade, pelo que a melhoria do nivelamento não pode ser dissociada do esforço necessário para implementar alterações ao calendário atual.

Para concretizar este objetivo, o trabalho compreende a caracterização do processo de receção e do mecanismo atual de agendamento, a análise da distribuição histórica da carga por dia, hora, turno e tipologia e a identificação dos períodos de maior pressão operacional. Inclui ainda a estimativa das necessidades semanais dos fornecedores a partir dos dados históricos, o tratamento

específico das entregas em regime VST e o dimensionamento da capacidade efetivamente disponível, considerando simultaneamente o espaço limitado em cada zona de receção e a capacidade partilhada de aprovisionamento. Com base nestes elementos, desenvolve-se uma heurística construtiva multicritério destinada a gerar calendários alternativos, conciliando o nivelamento da carga com a aderência às preferências dos fornecedores. Os cenários obtidos são comparados através de indicadores operacionais, económicos e associados ao esforço de implementação, permitindo selecionar uma proposta de calendário e operacionalizá-la através de um protótipo de sistema de apoio à decisão.

O contributo do trabalho é simultaneamente metodológico e aplicado: articula dados históricos, restrições de capacidade e uma abordagem heurística num problema tático de receção em retalho alimentar, propondo um calendário semanal mais equilibrado e um instrumento de apoio à decisão que torna o agendamento mais estruturado, transparente e menos dependente do conhecimento tácito individual.

1.4 Método seguido no projeto

A investigação seguiu uma abordagem aplicada, estruturada como um estudo de caso no armazém PBS do entreposto da Maia e organizada em cinco etapas que correspondem, no essencial, à sequência dos capítulos seguintes: o enquadramento do problema e a revisão da literatura relevante, que posicionam o agendamento no nível tático do planeamento; a recolha, o tratamento e a integração dos dados operacionais, cruzando as receções, as tipologias de produto, o calendário formal e as entradas das viaturas no recinto; a modelação das condicionantes da operação, designadamente a segmentação física da receção por tipologia, a capacidade partilhada de aprovisionamento e o comportamento específico das entregas em regime VST; o desenvolvimento e a avaliação da proposta de redesenho, através de uma heurística multicritério que gera calendários alternativos e os compara segundo indicadores operacionais, económicos e relacionais; e, por fim, a construção de um protótipo de sistema de apoio à decisão destinado a tornar o processo de agendamento mais estruturado e menos dependente do conhecimento tácito individual.

1.5 Estrutura da dissertação

A dissertação encontra-se organizada em seis capítulos. O presente capítulo enquadra o projeto, apresenta a empresa, define os objetivos e sintetiza o método seguido. O Capítulo 2 revê a literatura sobre receção, sistemas de agendamento, nivelamento da carga e apoio à decisão. O Capítulo 3 descreve o contexto operacional, o processo atual e as restrições que delimitam o problema. O Capítulo 4 apresenta o tratamento dos dados, a modelação do VST, o dimensionamento da capacidade, a formulação matemática, a heurística e o protótipo desenvolvido. O Capítulo 5 discute os resultados, compara os cenários TO-BE e avalia operacionalmente o cenário selecionado. Por fim, o Capítulo 6 sintetiza as conclusões, os contributos, as limitações e os desenvolvimentos futuros.

Capítulo 2

Revisão de literatura

A revisão desenvolvida neste capítulo organiza-se em três eixos sucessivos: a receção enquanto função crítica das operações de armazém, o agendamento como mecanismo de coordenação das chegadas e as abordagens orientadas para o nivelamento da carga e o apoio à decisão. Em cada eixo seleccionam-se os contributos mais relevantes para a compreensão do problema e para as opções conceptuais adotadas. A exposição encerra com o posicionamento da investigação face às lacunas identificadas na literatura.

2.1 Enquadramento da receção nas operações de armazém

Entre as funções que organizam um armazém, a receção ocupa um lugar particular, por corresponder ao ponto em que as mercadorias entram no sistema logístico interno. Rouwenhorst et al. (2000) descrevem o armazém como um elemento central da cadeia de abastecimento, submetido a exigências crescentes de variedade, rapidez de resposta e eficiência, e Gu, Goetschalckx e McGinnis (2007) identificam quatro funções nucleares, receção, armazenamento, preparação de encomendas e expedição, cuja articulação determina a capacidade, o *throughput* e o nível de serviço. Sendo a receção a primeira destas funções, dificuldades na sua execução propagam-se às etapas seguintes e afetam o funcionamento global do armazém. Gu, Goetschalckx e McGinnis (2007) reforçam a sua criticidade ao colocarem a receção e a expedição como pontos de ligação entre o armazém e o meio envolvente, e Rushton, Croucher e Baker (2010, pp. 290 a 291) defendem que, em operações de maior dimensão, deve ser cuidadosamente planeada e apoiada por mecanismos de marcação prévia dos veículos.

A exigência de planeamento intensifica-se quando se reconhece que a capacidade da receção não depende apenas do número de cais disponíveis. Na prática, resulta da articulação entre infraestrutura, equipamentos e recursos humanos afetos à descarga. Raicu et al. (2024) mostram, através de um modelo probabilístico, que o dimensionamento do número de cais envolve um equilíbrio entre dois custos em tensão, o tempo improdutivo dos camiões em espera, por um lado, e a ociosidade dos meios de carga e descarga, por outro. Ainda que a discussão seja colocada ao

nível do dimensionamento, a implicação é tática, na medida em que uma coordenação cuidadosa das chegadas pode compensar, pelo menos em parte, restrições temporárias de capacidade.

A esta dimensão estrutural junta-se a variabilidade inerente ao processo. Jackson (2005), num estudo empírico realizado num centro de distribuição da Amazon, documenta um desvio-padrão diário entre 15 e 30 por cento no volume de unidades recebidas, e identifica três origens principais para essa variabilidade, decisões de compra e reposição, comportamento dos fornecedores e condições de transporte. A receção não opera, por isso, num contexto estável ou totalmente controlável, encontrando-se sujeita a flutuações externas que condicionam a carga de trabalho e dificultam uma utilização equilibrada dos recursos.

No retalho, esta complexidade tende a intensificar-se. Rushton, Croucher e Baker (2010, p. 11) assinalam que a logística de retalho ocupa um lugar central no mercado logístico global e que o setor tem liderado muitos dos avanços na gestão logística e da cadeia de abastecimento. Tal protagonismo é coerente com as exigências da operação, marcadas por elevada rotação de produtos, grande diversidade de referências e necessidade de abastecimento contínuo das lojas. Nestas condições, a forma como as entregas são distribuídas ao longo do tempo deixa de ser uma questão meramente administrativa e passa a influenciar diretamente o equilíbrio da receção.

É precisamente aqui que a coordenação com os fornecedores adquire relevância. Quando as chegadas não são coordenadas, os tempos de espera nos cais aumentam e a capacidade de receção torna-se difícil de planear, sendo a expansão física dos cais frequentemente onerosa ou inviável (Karaenke et al. 2020). É a partir desta necessidade de coordenação que a literatura formaliza os sistemas de agendamento de entregas, analisados na secção seguinte.

2.2 Sistemas de agendamento de receção

A coordenação prévia das chegadas é formalizada na literatura sob a designação *truck appointment system* (TAS). A sua origem encontra-se nos terminais portuários, onde foi introduzida com o objetivo de reduzir congestionamentos nas portarias e cais de contentores e mitigar emissões associadas ao tempo de permanência dos veículos. Abdelmagid, Gheith e Eltawil (2022), numa revisão sistemática com cerca de nove dezenas de artigos, organizam esta literatura em duas famílias, os modelos centrados na definição da quota por janela temporal, que determinam o número máximo de camiões admitidos por *slot*, e os modelos centrados na sequência de agendamento, que atribuem veículos individuais a posições específicas.

Um dos trabalhos pioneiros nesta área é o de Murty et al. (2005), desenvolvido num terminal de contentores de Hong Kong, que demonstra que a introdução de um sistema de marcação prévia apoiado por decisão analítica reduz significativamente o congestionamento. Para além do resultado operacional, o estudo é relevante por associar desde cedo o agendamento prévio a uma lógica de apoio à decisão orientada ao gestor.

A relevância do problema não se limita, contudo, ao contexto portuário. Karaenke et al. (2020), a partir de inquéritos realizados junto de mais de quinhentas empresas de transporte alemãs, mostram que 18 por cento dos transportadores registam tempos médios de espera superiores a duas

horas em armazéns de retalho e que 51 por cento registam esperas entre uma e duas horas. Os investigadores associam estes tempos a chegadas insuficientemente coordenadas e interpretam-nos como sinal de falhas estruturais na articulação entre transportadores e operadores de armazém. Acresce que, em muitos contextos, o aumento da capacidade física através da criação de novos cais implica investimento elevado ou é simplesmente inviável, o que reforça o valor das soluções de natureza organizacional.

2.2.1 Tipologia dos sistemas de agendamento

A classificação dos TAS em quatro variantes, sistematizada por Abdelmagid, Gheith e Eltawil (2022) a partir da adaptação ao domínio portuário de modelos originalmente desenvolvidos na gestão de consultas em saúde, encontra-se resumida na Tabela 2.1.

Tabela 2.1: Tipologia dos sistemas de agendamento de entregas

Tipo	Designação	Controlo da marcação	Granularidade típica
IAS	<i>Individual Appointment System</i>	Transportador	<i>Slot</i> individual
BAS	<i>Block Appointment System</i>	Terminal	Bloco partilhado
STAS	<i>Static Appointment System</i>	Terminal, com quotas fixas	<i>Slot</i> individual, quota por janela
DAS	<i>Dynamic Appointment System</i>	Colaboração terminal-transportador	<i>Slot</i> individual, renegociável

As variantes distinguem-se pelo grau de controlo sobre a marcação e pela granularidade. No IAS, o transportador escolhe livremente o *slot*. No BAS, o terminal aloca blocos de tempo partilhados por vários veículos. No STAS, o terminal define a estrutura de janelas e as respetivas quotas, cabendo depois ao transportador preencher posições dentro desse enquadramento. No DAS, a marcação pode ser ajustada de forma contínua em função do estado do sistema e da interação entre as partes.

Esta tipologia descreve o grau de controlo da marcação e a sua granularidade, sem esgotar os problemas de *scheduling* associados à operação. Boysen e Fliedner (2010) propõem uma classificação complementar, assente em três dimensões, ambiente dos cais, características operacionais e função objetivo, particularmente útil em contextos onde a receção e a expedição coexistem com forte proximidade temporal e partilha de recursos.

2.2.2 Níveis de decisão tático e operacional

Ying e Liebson (2024) distinguem dois níveis de decisão no agendamento da receção em centros de distribuição. O nível tático, designado por *Master Purchasing Receipt Scheduling* (MPRS), define em que dia da semana cada fornecedor deve entregar, estabelecendo um calendário cíclico repetido em semanas regulares. O nível operacional trata da atribuição de *slots* horários e cais a cada veículo no dia concreto da entrega.

A literatura tem dedicado atenção desigual a estes dois níveis. Davarzani e Norrman (2015), numa revisão que combina análise sistemática da literatura com entrevistas a gestores de armazém

e consultores sêniores, mostram que várias preocupações práticas associadas ao suporte e à coordenação das operações permanecem sub-representadas na investigação. Ying e Liebson (2024) reforçam esta leitura ao referirem que, em muitas empresas, o nível tático continua a ser construído de forma manual e sem critérios explícitos de otimização, em contraste com a investigação académica, maioritariamente concentrada em decisões operacionais de curto prazo. A distinção é relevante para o problema em estudo, no qual o principal desafio não reside apenas na gestão diária dos cais ou das chegadas, mas na definição de um padrão semanal de entregas capaz de reduzir concentrações de carga e tornar a operação mais estável.

2.2.3 Abordagens fixas e abordagens dinâmicas

Dentro de cada nível de decisão, a literatura reparte-se entre abordagens fixas e abordagens dinâmicas.

Nas abordagens dinâmicas, correspondentes aos DAS, o agendamento é recalculado periodicamente em função das chegadas previstas e, em alguns casos, das preferências reveladas pelos transportadores. Phan e Kim (2016) formulam o problema como um jogo cooperativo entre terminal e transportadores, resolvido através de iterações sucessivas de reserva. Torkjazi, Huynh e Asadabadi (2022) desenvolvem esta linha ao modelarem o TAS como um jogo multijogador binível de Stackelberg, no qual o terminal atua como líder e as empresas de transporte como seguidoras, transformando o problema num modelo de programação inteira mista. Modica et al. (2024) exploram uma variante reativa em que o agendamento inicial é revisto ao longo do dia com base em estimativas de tempo de chegada geradas por algoritmos treinados com dados históricos e em tempo real. Aplicada a um centro de distribuição de retalho alimentar, a abordagem reduz em até 52 por cento o tempo total de espera face à política *first-come-first-served*. Apesar do seu interesse, estas soluções pressupõem disponibilidade de dados em tempo útil, capacidade de recálculo frequente e maior tolerância a revisões sucessivas das marcações, condições que nem sempre estão reunidas na prática.

Nas abordagens fixas, correspondentes aos STAS, o agendamento assenta num calendário-mestre repetido ciclicamente, admitindo apenas ajustamentos pontuais. Ying e Liebson (2024) apresentam, neste domínio, uma contribuição particularmente relevante, ao desenvolverem uma heurística MPRS aplicada a uma cadeia norte-americana de restauração. A abordagem organiza os fornecedores em três grupos, grandes, médios e pequenos, consoante o volume semanal de camiões, e distribui-os ao longo da semana com o objetivo de reduzir concentrações excessivas e equilibrar a carga diária. A evidência dos benefícios do escalonamento prévio é reforçada por Wirth e Emde (2018), num estudo realizado numa fábrica automóvel com até quinhentos camiões diários distribuídos por setenta cais de descarga. Os resultados mostram que a ausência de escalonamento conduz a níveis de atraso ponderado muito superiores aos observados em distribuições mais equilibradas, sugerindo que parte significativa do congestionamento pode ser mitigada apenas através de uma melhor distribuição das chegadas ao longo do tempo.

Uma linha adicional de investigação combina a lógica fixa com princípios de *revenue management*. Gomes, Silva e Amorim (2025), num estudo aplicado a uma fábrica portuguesa de

pasta e papel, segmentam as entregas por prioridade e atribuem-nas a *slots* e cais através de uma heurística, obtendo uma redução de 66 por cento no custo diário de receção face a uma política *first-come-first-served*. O interesse da proposta reside em tratar a capacidade disponível como um recurso escasso, cuja afetação pode ser diferenciada em função do valor relativo de cada entrega.

Em conjunto, estes estudos mostram que a escolha entre abordagens fixas e dinâmicas depende menos da qualidade formal do modelo e mais do contexto operacional em que a solução será aplicada. Em ambientes com elevada estabilidade relacional e necessidade de previsibilidade, as abordagens fixas podem revelar-se mais adequadas. Em contextos com maior incerteza, disponibilidade de dados em tempo real e margem para reajustamentos frequentes, as abordagens dinâmicas podem oferecer vantagens adicionais.

2.3 Nivelamento de carga e apoio à decisão

2.3.1 Fundamentos do nivelamento de carga

O nivelamento de carga tem raízes na filosofia *just-in-time* e na prática do *heijunka*, discutida por Rushton, Croucher e Baker (2010, pp. 161 a 163). O princípio consiste em distribuir deliberadamente os fluxos de entrada e saída de forma mais uniforme, evitando picos que saturam a capacidade instalada e períodos de baixa utilização dos recursos. A sua aplicação à receção em centros de distribuição é ilustrada por Ying e Liebson (2024), que argumentam ser preferível receber trinta camiões por dia ao longo da semana a concentrar duzentos e dez numa única segunda-feira. Uma distribuição mais regular permite alinhar o volume recebido com a capacidade disponível, reduzindo sobrecargas em cais, equipamentos e mão-de-obra, bem como períodos de ociosidade. Acresce que a concentração de chegadas tende a propagar efeitos negativos às operações subsequentes, nomeadamente congestionamento, tempos de espera e atrasos.

O nivelamento constitui um princípio organizador da operação. Ao procurar uma distribuição mais equilibrada da carga, reduz-se a probabilidade de saturação local e cria-se maior previsibilidade na utilização dos recursos. Para problemas de receção, esta perspetiva é particularmente relevante, por deslocar a atenção da gestão das filas para a configuração do próprio padrão de chegadas.

2.3.2 Apoio à decisão e simulação

A literatura sobre instrumentos analíticos aplicados ao agendamento desenvolve-se em duas linhas complementares, os sistemas de apoio à decisão e a simulação discreta de eventos. Mar-Ortiz, Castillo-García e Gracia (2020) desenvolvem um sistema de apoio à decisão para gestão de quotas em terminais portuários, estruturado em dois módulos. O primeiro calcula quotas por *slot* com base numa metaheurística de busca tabu. O segundo permite ao gestor alterar parâmetros, observar os efeitos dessas alterações na distribuição da carga e exportar configurações. O valor central da proposta está tanto no algoritmo como no princípio subjacente: o sistema apoia, e a decisão final cabe ao gestor.

A literatura mostra igualmente que a capacidade de receção não depende apenas do número de *slots* ou de cais disponíveis. Tadumadze et al. (2019) demonstram que a dotação de mão-de-obra influencia diretamente o tempo de processamento dos camiões e que o planeamento conjunto de camiões e trabalhadores pode gerar ganhos substanciais em tempo de fluxo e pontualidade. A implicação para o problema em estudo é clara, a capacidade de um *slot* deve ser entendida de forma ampla, integrando dimensões físicas e humanas.

A segunda linha corresponde à simulação discreta de eventos. Rushton, Croucher e Baker (2010, pp. 136 a 137) caracterizam esta técnica como particularmente adequada à representação de sistemas logísticos complexos e à análise de cenários do tipo *what-if*. Smith e Srinivas (2019) demonstram a sua utilidade no contexto da receção ao compararem diferentes políticas de *check-in* num armazém norte-americano de bens de consumo. Os resultados mostram que regras de despacho mais ajustadas ao estado do sistema, quando combinadas com áreas de espera, podem reduzir custos de imobilização e emissões face à política *first-come-first-served*.

Em conjunto, estes contributos sugerem que o apoio à decisão no agendamento não deve ser entendido apenas como um problema de otimização abstrata. Em muitos casos, o valor reside também na capacidade de tornar visíveis as restrições da operação, explorar alternativas e apoiar o julgamento do gestor perante diferentes cenários. Esta perspetiva é especialmente relevante em contextos empresariais onde a decisão não é totalmente automatizada e onde a utilidade prática da ferramenta depende da sua capacidade de apoiar escolhas concretas.

2.4 Síntese crítica e posicionamento da investigação

A leitura conjunta da literatura permite identificar três linhas principais de contribuição, cada uma com utilidade distinta para o problema em estudo, mas também com limitações importantes.

A primeira corresponde à tradição portuária dos TAS dinâmicos, representada por Phan e Kim (2016), Torkjazi, Huynh e Asadabadi (2022) e, em contexto de retalho alimentar, por Modica et al. (2024). Estes trabalhos mostram o potencial de abordagens dinâmicas e reativas na redução do congestionamento e dos tempos de espera. A sua aplicabilidade a contextos de retalho com relações relativamente estáveis entre armazém, fornecedor e transportador é, no entanto, mais limitada. Estas soluções tendem a exigir capacidade de recálculo frequente, dados atualizados em tempo útil e maior flexibilidade para renegociar marcações, condições que nem sempre estão reunidas na prática.

A segunda linha corresponde às abordagens de natureza mais fixa, em especial ao MPRS proposto por Ying e Liebson (2024), e oferece uma base importante para a construção de calendários-mestre orientados para o nivelamento da carga. Ainda assim, o seu foco está sobretudo na definição do padrão regular de agendamento, prestando menos atenção à gestão das exceções e dos desvios ao plano inicial, frequentes na operação real.

A terceira linha reúne os trabalhos sobre sistemas de apoio à decisão e simulação aplicados ao agendamento, nomeadamente Murty et al. (2005), Mar-Ortiz, Castillo-García e Gracia (2020)

e Smith e Srinivas (2019). Estes estudos mostram o valor de combinar tratamento analítico da informação, análise de cenários e intervenção do gestor. Contudo, a maioria das aplicações continua concentrada em contextos portuários ou em problemas específicos de *check-in*, sem orientação clara para o redesenho de calendários de receção em centros de distribuição de retalho.

A Tabela 2.2 sintetiza as contribuições analisadas segundo dimensões relevantes para o problema em estudo e permite evidenciar o espaço em que a presente investigação se posiciona.

Tabela 2.2: Síntese comparativa das abordagens de agendamento e posicionamento da investigação

Referência	Tipo TAS	Horizonte	Envolvimento do gestor	Simulação integrada
Murty et al. (2005)	STAS com DSS	Diário	Elevado	Ausente
Phan e Kim (2016)	DAS	Diário	Ausente	Ausente
Mar-Ortiz, Castillo-García e Gracia (2020)	STAS com DSS	Diário	Elevado	Análise de sensibilidade
Torkjazi, Huynh e Asadabadi (2022)	DAS	Diário	Ausente	Ausente
Ying e Liebson (2024)	STAS (MPRS)	Semanal	Reduzido	Monte Carlo (validação)
Modica et al. (2024)	DAS reativo com ETA	Intra-diário	Médio	Ausente
Gomes, Silva e Amorim (2025)	STAS com <i>revenue management</i>	Diário	Médio	Ausente
Presente dissertação	STAS com apoio à decisão	Semanal e gestão de exceções	Elevado	Análise de cenários

Da leitura conjunta emerge um espaço ainda pouco explorado na literatura: o redesenho de calendários-mestre de receção no retalho. Esse problema envolve fornecedores heterogêneos, múltiplos fluxos que partilham recursos, operação contínua e a necessidade de instrumentos de análise que apoiem a gestão das exceções. Face à literatura revista, a presente investigação posiciona-se sobretudo junto das abordagens fixas, orientadas para a construção de um calendário-mestre mais equilibrado, integrando a perspetiva dos sistemas de apoio à decisão no tratamento das situações que se afastam do padrão regular. O objetivo é estruturar uma proposta de agendamento que dê maior visibilidade sobre ocupação e capacidade e apoie a avaliação de alternativas quando surgem pedidos excecionais ou necessidades de redistribuição.

A literatura sobre nivelamento de carga oferece a base conceitual para a redefinição do padrão semanal de entregas, enquanto a literatura sobre apoio à decisão e simulação sustenta a inclusão de mecanismos de análise de cenários. Mais do que propor uma solução tecnologicamente sofisticada, a investigação procura responder a uma necessidade operacional concreta com uma abordagem estruturada, explicitando critérios de análise e tornando mais transparente o processo de decisão associado ao agendamento da receção.

Capítulo 3

Descrição do Problema

A receção de mercadorias no entreposto da Maia é o ponto em que a procura comercial encontra a capacidade operacional instalada. A forma como as chegadas dos fornecedores se distribuem ao longo da semana, do dia e dos turnos condiciona o equilíbrio com que a operação funciona e a pressão a que recursos, espaço e equipas ficam sujeitos. O capítulo enquadra o problema a partir deste contexto, começando pela caracterização do entreposto e dos fluxos relevantes, descrevendo em seguida o processo de receção e o mecanismo de agendamento que o suporta. A explicitação das restrições operacionais delimita o espaço efetivo de decisão e abre caminho para a caracterização da situação atual e para a formulação do problema que orienta o restante da dissertação.

3.1 Contexto operacional e fluxos em estudo

O entreposto da Maia integra a rede logística da MC e suporta o abastecimento de lojas em todo o país. Organiza-se num conjunto de armazéns funcionalmente diferenciados que partilham o mesmo perímetro mas operam de forma autónoma. Entre estes contam-se os armazéns afetos ao Picking by Store (PBS) e ao Picking by Line (PBL), bem como armazéns de temperatura controlada e de congelados. A presente dissertação centra-se no PBS, onde se concentra o problema em estudo. O armazém PBS dispõe de 40 cais e segmenta a operação por quatro tipologias principais: Mercaria (MER), PETS, Drogaria, Perfumaria e Higiene (DPH) e Bebidas (BEB). Embora os procedimentos e requisitos documentais sejam comuns a todas elas, a receção encontra-se segmentada em função da localização das áreas de armazenagem, que distam consideravelmente entre si. Concentrar cada tipologia nos cais mais próximos da sua zona de destino reduz movimentações no aprovisionamento e encurta percursos internos. Dos quarenta cais disponíveis no armazém PBS, a receção das três tipologias em estudo organiza-se em nove cais dedicados: três partilhados por MER e PETS, três para DPH e três para BEB. Cada tipologia dispõe de uma zona de receção própria e limitada, onde as paletes permanecem até serem aprovisionadas. Em contrapartida, a mão-de-obra responsável pelo escoamento das paletes para as localizações de armazenagem é partilhada entre as três tipologias. A capacidade de receção depende, assim, de duas restrições distintas: o espaço disponível em cada zona e a capacidade comum de aprovisionamento. A análise

da carga deve, por isso, ser realizada por tipologia, sem perder de vista a utilização conjunta dos recursos de escoamento.

3.2 O processo de receção de mercadorias

Apesar de se concretizar fisicamente no cais, a receção resulta de uma cadeia de decisões tomadas a montante, no plano comercial e da gestão de stocks, que determinam o que entra na operação, em que volume e em que condições. Compreender o processo apenas a partir das atividades realizadas no armazém seria, por isso, redutor, uma vez que parte da variabilidade observada no cais tem origem antes da chegada da viatura. A descrição que se segue distingue, assim, dois planos complementares: as decisões a montante, que estruturam a relação com cada fornecedor e dão forma à carga que chegará ao entreposto, e a execução operacional da receção, através da qual a mercadoria entra fisicamente no armazém PBS, é validada e fica disponível para as atividades subsequentes.

3.2.1 Decisões a montante

A primeira destas decisões cabe à Direção Comercial, responsável por definir os fornecedores e artigos a centralizar no entreposto e por negociar com cada fornecedor as condições estruturais da relação, que incluem unidades de fornecimento, preços, fluxos de entrega, quantidades mínimas, embalagens e dimensões dos artigos. Estas condições ficam registadas no caderno de encargos logístico, um documento estável cujo efeito sobre a operação é persistente, uma vez que fixa os parâmetros físicos e contratuais a que todas as etapas seguintes terão de obedecer.

Sobre este enquadramento opera a Gestão de Stocks, à qual compete traduzir as necessidades comerciais e operacionais em pedidos concretos de abastecimento. A definição dos níveis de cobertura considera o lead time de cada fornecedor, a procura esperada, as campanhas em curso, as compras especulativas e os pedidos das lojas e de clientes específicos. É a partir deste conjunto de inputs que se constituem as Ordens de Compra, que indicam ao fornecedor os produtos a entregar, as quantidades correspondentes e as exigências em matéria de validade e rastreabilidade.

Cabe, por fim, ao fornecedor preparar a entrega de acordo com as condições definidas e as janelas atribuídas. O fornecedor mantém, contudo, alguma autonomia na organização da carga de cada viatura, o que introduz variabilidade no volume rececionado em cada momento.

3.2.2 Execução operacional da receção

No plano operacional, o processo de receção inicia-se com a chegada da viatura ao entreposto e com a sua integração na sequência diária de trabalho da receção. O cumprimento da janela atribuída constitui um primeiro fator de organização da operação: chegadas antecipadas ou tardias alteram a distribuição temporal prevista da carga e podem reduzir a margem disponível para acomodar as restantes entregas agendadas para o mesmo período. A partir desse momento, a operação tem de coordenar a disponibilidade de cais, equipas, documentação e espaço físico, assegurando

que a descarga, a conferência e a libertação da zona de receção decorrem de forma fluida. Quando esta coordenação falha, a acumulação de viaturas em espera ou de mercadoria junto aos cais pode propagar constrangimentos às entregas seguintes e comprometer o desempenho da operação.

À chegada, a viatura passa pela portaria, onde são registadas a entrada, a identificação do fornecedor e a carga transportada. Em seguida, permanece no parque de espera adjacente ao armazém até existir disponibilidade de cais. Durante este período, o motorista entrega na zona administrativa a documentação associada à entrega, nomeadamente a fatura e, quando aplicável, o ASN (*Advance Shipping Notice*), que antecipa a composição esperada da carga. Com base nessa documentação, a receção administrativa valida a entrega e regista-a em sistema, seguindo-se o encaminhamento da viatura para o cais correspondente à respetiva tipologia de mercadoria.

Quando existem várias viaturas em espera, as que chegam após a respetiva hora de agendamento tendem a ser sequenciadas segundo uma lógica FIFO, isto é, por ordem de chegada. As viaturas que se apresentam antecipadamente aguardam, em regra, pela janela que lhes foi atribuída. Esta sequenciação pode, contudo, ser ajustada em função de prioridades operacionais. Entre estas destaca-se o serviço VST, ou Venda de Serviços de Transporte, no qual viaturas da frota interna da Sonae utilizam a rota de regresso ao entreposto para recolher mercadoria de fornecedores. Depois de descarregarem, estas viaturas têm de ficar disponíveis para recolher mercadoria preparada em armazém e seguir para as lojas, pelo que atrasos na sua descarga podem propagar-se ao circuito de distribuição seguinte. Esta dupla função justifica a prioridade operacional que lhes é atribuída na receção.

Atribuído o cais, inicia-se a conferência da mercadoria, conduzida pelo conferente responsável pela receção. Quando a entrega é acompanhada por ASN, este serve de base à conferência sistémica, permitindo cruzar a informação registada antecipadamente com a mercadoria efetivamente descarregada; na sua ausência, a conferência apoia-se nas Ordens de compra do fornecedor e na restante documentação disponível. Esta etapa verifica a conformidade da mercadoria com a informação registada em sistema, em quantidade, identificação e estado físico.

A conferência constitui um ponto crítico de controlo, uma vez que valida a correspondência entre a mercadoria efetivamente entregue e a informação registada em sistema. Uma falha nesta etapa pode traduzir-se numa perda de valor para a empresa, através de erros de stock, divergências administrativas ou do pagamento de mercadoria não rececionada ou não conforme.

Concluída a conferência e resolvidas eventuais divergências, é efetuado o fecho da receção, que inclui o registo final em sistema, a emissão da nota de receção, a devolução da documentação ao motorista e a libertação do cais. Embora este momento encerre o processo de receção propriamente dito, a mercadoria permanece junto ao cais até ser aprovisionada nas localizações de *stock*. Só após esse passo fica disponível para o reaprovisionamento das frentes de *picking*, a preparação das encomendas e a expedição. A receção constitui, assim, o primeiro ponto de transformação da mercadoria em disponibilidade operacional e contabilística dentro do sistema, sendo a sua fluidez dependente da capacidade de libertar espaço à medida que novas paletes chegam ao cais.

3.3 Processo atual de agendamento

A fluidez da receção depende, assim, da articulação entre o ritmo de chegada das viaturas e o escoamento das paletes para as localizações de armazenagem, distribuição temporal que o agendamento estrutura. Compreender o seu funcionamento atual é, por isso, condição necessária para identificar as limitações existentes e enquadrar o problema em estudo.

O agendamento dos fornecedores no armazém PBS organiza-se em torno de janelas de entrega atribuídas a cada fornecedor no momento em que este passa a operar como fornecedor centralizado. Estas janelas são definidas em termos de dia da semana e intervalo horário, resultando de um processo em que a Direção Comercial acorda com o fornecedor as condições gerais de abastecimento e a operação valida a possibilidade de integrar esse agendamento no calendário existente. Esta validação apoia-se na experiência e no conhecimento prático da operação, sem um procedimento sistemático que confronte cada nova atribuição com a capacidade disponível, os recursos necessários e o impacto agregado sobre a carga de trabalho da receção.

Uma vez centralizados, os fornecedores conservam as janelas atribuídas, que tendem a manter-se estáveis, sem que o calendário seja objeto de revisão periódica do seu equilíbrio global. A Figura 3.1 representa a estrutura semanal das janelas atualmente em vigor.

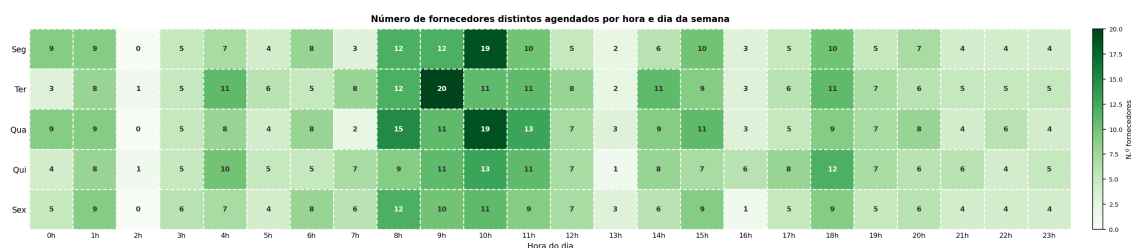


Figura 3.1: Agendamento atualmente atribuído, expresso em número de fornecedores por hora e dia da semana.

A este padrão regular somam-se pedidos pontuais de entregas extra, quando o fornecedor não consegue acomodar o volume previsto nas janelas disponíveis, tratados como exceções avaliadas caso a caso pelos responsáveis operacionais e sem alteração do calendário registado em sistema.

Em condições normais, cada janela corresponde à entrega de uma viatura completa cuja capacidade nominal corresponde a 33 paletes. Para acomodar variações pontuais das encomendas e conferir alguma flexibilidade ao fornecedor, é permitida a entrega de até duas viaturas na mesma janela, perfazendo um limite de referência de 66 paletes.

Este limite define a margem admitida em cada janela, mas não antecipa a carga efetivamente recebida, uma vez que o volume habitualmente entregue por cada fornecedor não é caracterizado de forma regular nem comparado, por tipologia, dia e hora, com a capacidade disponível. Esta lacuna, agravada pelo facto de a quantidade exata de cada entrega só se consolidar próximo da receção, coincide com a limitação que Ying e Liebson (2024) identifica no planeamento tático do agendamento.

O problema agrava-se quando se considera o fluxo VST. Os fornecedores que utilizam a frota interna da Sonae mantêm no calendário a janela horária que lhes havia sido atribuída antes da

transição para este regime, embora a chegada efetiva passe a ser determinada pela hora a que a rota consolidada atinge o entreposto. Esta discrepância é operacionalmente relevante porque o VST representa uma parcela significativa do volume diário recebido e tem especial expressão nas tipologias BEB e MER+PETS. Quando a viatura VST chega fora da janela formal, a operação tem de absorver essa descarga em recursos que não estavam reservados para esse momento; simultaneamente, a janela em que o fornecedor permanece formalmente agendado fica aparentemente ocupada, embora a entrega não vá ocorrer nesse período. O calendário formal deixa de refletir adequadamente a ocupação prevista da receção, limitando a sua utilidade enquanto instrumento de planeamento.

A combinação entre ausência de revisão estruturada do calendário, inexistência de análise sistémica da carga real entregue em cada janela e desfasamento entre o agendamento formal e a chegada efetiva dos fluxos VST condiciona a capacidade de antecipação da operação. Concentrações em determinados dias, desequilíbrios entre turnos e pressões pontuais sobre uma das áreas de receção tendem a ser identificados sobretudo na operação em curso ou nas suas vésperas, em vez de emergirem da análise do padrão semanal subjacente.

Esta dependência do julgamento individual coloca também um problema de visibilidade. O conhecimento sobre o calendário, o comportamento típico dos fornecedores e a disponibilidade real das janelas encontra-se concentrado num número reduzido de responsáveis operacionais, sob a forma de conhecimento tácito acumulado ao longo do tempo. Num contexto de crescimento do número de fornecedores centralizados, esta concentração reforça a necessidade de sistematizar a informação e reduzir a dependência da experiência individual.

A presente investigação posiciona-se sobre este conjunto de fatores, com o objetivo de dotar o planeamento tático de uma representação estruturada do padrão semanal de receções e de instrumentos que apoiem a avaliação dos seus desequilíbrios, em coerência com a ênfase colocada por Mar-Ortiz, Castillo-García e Gracia (2020) na importância de tornar visíveis as restrições da operação como condição prévia ao apoio à decisão.

3.4 Restrições operacionais e espaço de decisão

A configuração atual do agendamento opera num conjunto de restrições que condicionam qualquer proposta de redesenho. A sua explicitação é necessária porque o problema em estudo passa pela identificação de uma solução compatível com a realidade operacional do armazém, com os compromissos existentes com fornecedores e com os recursos disponíveis. Estas restrições agrupam-se em três blocos analíticos: limitações físicas, constrangimentos associados aos fluxos que partilham a receção e condicionantes temporais decorrentes da organização da operação ao longo do dia.

3.4.1 Restrições físicas

A primeira restrição decorre da segmentação física da receção por tipologia, apresentada na Secção 3.1. Como o espaço de cada zona é dedicado e finito, a capacidade não pode ser tratada

como um total agregado de paletes por hora: cada entrega tem de ser recebida na zona correspondente à sua tipologia, ainda que exista espaço disponível noutra área.

A esta limitação junta-se a restrição do espaço disponível na receção. A zona de cais e o espaço adjacente não servem apenas para descarregar mercadoria, sendo também utilizados para mercadoria em processamento, cargas prontas para expedição e movimentações entre receção e armazenagem. Por esse motivo, os picos de chegada afetam não só a ocupação dos cais, mas também a circulação interna, as zonas de espera e a capacidade de manter a operação fluida. Quando o volume recebido num intervalo horário excede a capacidade de movimentação subsequente, a mercadoria acumula-se na zona de receção, reduzindo o espaço útil e aumentando a probabilidade de perturbação nas janelas seguintes. O redesenho do calendário deve, por isso, procurar nivelar a carga não apenas face à descarga, mas também face à capacidade de escoamento para o armazém.

Esta restrição ganha maior importância no contexto atual da empresa, em que o crescimento da atividade e a intenção de centralizar progressivamente novos fornecedores tendem a aumentar a pressão sobre uma infraestrutura com limitações físicas relevantes, sem perspectiva de aumento significativo do espaço de receção nos próximos anos. A entrada de novos fornecedores ou o aumento do volume entregue pelos fornecedores atuais implica mais ocupação temporária das zonas de receção, mais movimentos internos e menor margem para absorver atrasos ou entregas fora do padrão previsto. Neste contexto, a melhoria do agendamento constitui uma alavanca essencial para acomodar o crescimento esperado e tirar partido da capacidade instalada.

3.4.2 Restrições associadas aos fluxos

A segunda restrição prende-se com o fluxo VST, cuja natureza foi apresentada na Secção 3.2.2. A prioridade operacional deste fluxo retira-o do espaço de decisão direto do agendamento e converte-o numa pré-ocupação implícita da capacidade, agravada pela diferença entre o horário formalmente atribuído e a chegada efetiva das viaturas, em que as antecipações transferem carga para períodos anteriores e os atrasos a deslocam para períodos posteriores. O calendário não pode, por isso, ser construído sobre as janelas formais do VST, devendo reservar margem nos períodos em que estas viaturas tendem efetivamente a chegar, de modo que a sua variabilidade não comprometa a restante receção.

3.4.3 Restrições temporais

A organização temporal da operação introduz uma restrição adicional ao redesenho do calendário. A receção funciona 24 horas por dia, cinco dias por semana, repartida por três turnos. A capacidade disponível não é, contudo, uniforme ao longo do dia, uma vez que a dotação de recursos afetos ao aprovisionamento varia entre períodos. A redistribuição das janelas deve, por isso, respeitar a capacidade existente em cada hora, não sendo possível tratar todos os períodos do calendário como equivalentes.

3.4.4 Espaço de decisão

Da articulação destas restrições resulta o espaço de decisão em que esta dissertação se insere. Ficam fora deste espaço as decisões comerciais que originam as ordens de compra, a programação das rotas VST, a autonomia do fornecedor na organização da carga dentro das janelas atribuídas e a relação contratual com cada fornecedor centralizado. Dentro do espaço de decisão, o trabalho concentra-se na análise estruturada do padrão semanal de receções, na identificação dos períodos de maior concentração e dos períodos com maior margem operacional, no tratamento do VST como ocupação esperada da capacidade e na construção de um instrumento analítico que apoie decisões frequentes da operação, como a atribuição de janelas a novos fornecedores.

A intervenção situa-se, assim, no nível tático do agendamento, com o propósito de transformar a leitura do calendário num exercício partilhável e reproduzível, em vez de num conhecimento concentrado num pequeno número de pessoas. A solução não substitui o julgamento operacional, mas dota-o de uma base analítica que o torna mais consistente, mais comunicável e menos dependente da memória individual.

3.5 Caracterização AS-IS do problema

A análise da situação atual permite perceber que o principal problema da receção PBS é a distribuição do volume ao longo da semana, do dia e dos diferentes turnos, ainda que o volume agregado se mantenha relativamente estável. Esta secção caracteriza esse funcionamento nas dimensões que condicionam diretamente o redesenho do calendário, da distribuição temporal da carga à identificação dos fornecedores e momentos críticos sobre os quais a intervenção pode produzir maior efeito.

3.5.1 Padrão semanal e mensal

O volume diário médio rececionado no armazém PBS situa-se em torno de 2 485 paletes, com volumes mensais relativamente estáveis ao longo do horizonte analisado, conforme se observa na Figura 3.2. Esta estabilidade desloca o foco da análise para a distribuição do volume em horizontes mais curtos.

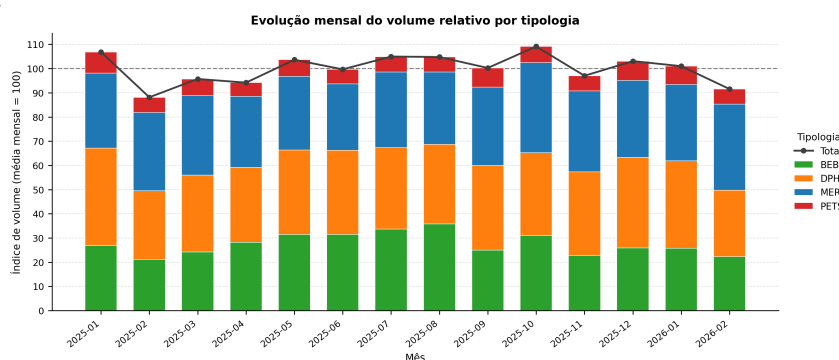


Figura 3.2: Evolução relativa do volume mensal rececionado. O índice 100 corresponde ao volume mensal médio do período.

A leitura ao nível diário, apresentada na Figura 3.3, contrasta com a estabilidade mensal e expõe a assimetria entre dias da semana. As quartas e sextas-feiras concentram sistematicamente os valores mais elevados e os dias de maior carga registam desvios expressivos face à média, com o dia mais crítico do horizonte analisado a atingir 3 399 paletes, cerca de 37% acima da média diária. Esta concentração não resulta de episódios isolados, configurando antes um padrão recorrente do calendário atual.

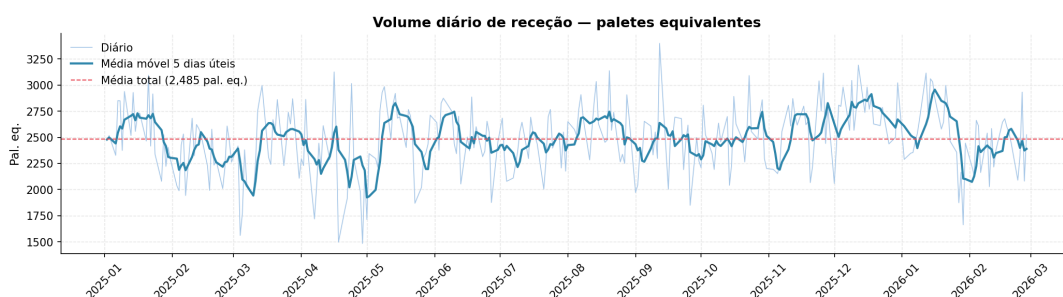


Figura 3.3: Série diária do volume rececionado ao longo do horizonte de análise.

3.5.2 Perfil horário e distribuição por turno

A distribuição da carga entre turnos, apresentada na Figura 3.4, evidencia uma assimetria persistente ao longo do horizonte analisado. O Turno 3 regista volumes consistentemente inferiores, enquanto os Turnos 1 e 2 concentram uma intensidade de receção substancialmente mais elevada, acentuando a pressão exercida sobre a operação nesses períodos. A mitigação deste desequilíbrio constitui um dos objetivos definidos pela operação para o redesenho do calendário, procurando-se uma distribuição mais regular da carga ao longo do dia.

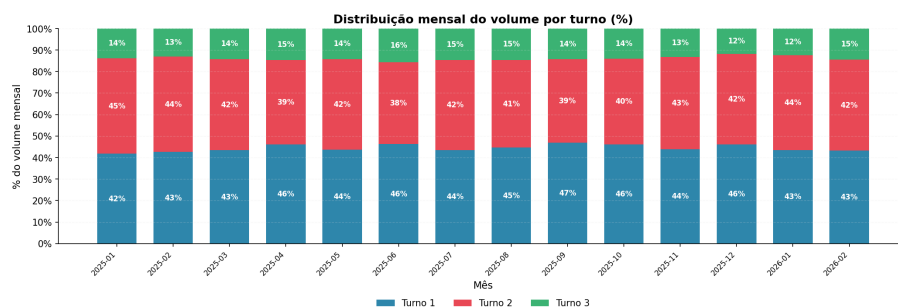


Figura 3.4: Carga semanal rececionada por turno ao longo do horizonte de análise.

A distribuição intra-diária, detalhada na Figura 3.5, evidencia picos recorrentes a meio da manhã, no início da tarde e ao final da tarde.

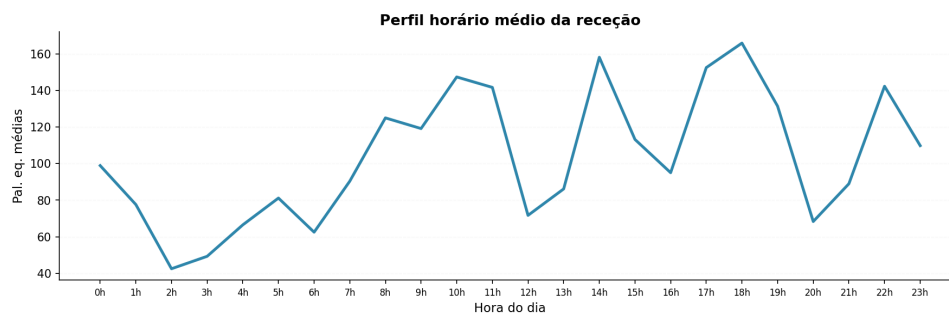


Figura 3.5: Perfil horário agregado das receções, em paletes por hora do dia.

A desagregação por hora e dia da semana, na Figura 3.6, localiza com maior precisão os períodos de concentração mais expressiva.

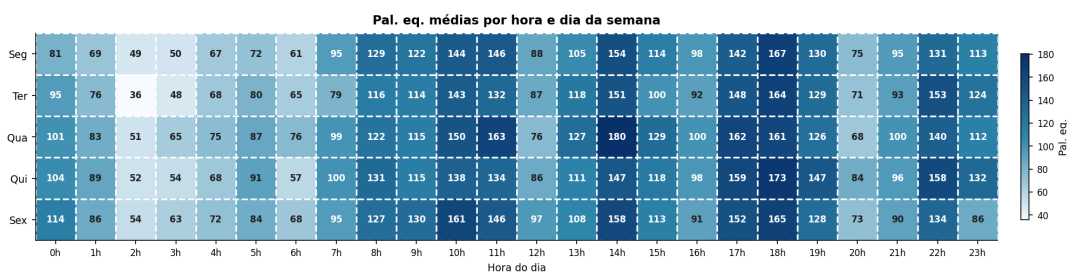


Figura 3.6: Distribuição do volume médio rececionado por hora do dia e dia da semana.

3.5.3 Pontualidade efetiva e composição dos desvios

A análise da pontualidade efetiva das receções, apresentada na Figura 3.7, mostra que apenas 22,0% das receções ocorreram dentro do intervalo agendado, distribuindo-se as restantes entre chegadas antecipadas (44,1%), atrasos imputados à operação (17,5%) e atrasos do veículo (16,4%). Estes valores configuram um diagnóstico relevante, na medida em que mostram que a janela formalmente atribuída cobre menos de um quarto das chegadas efetivas, sendo a categoria dominante a das antecipações.

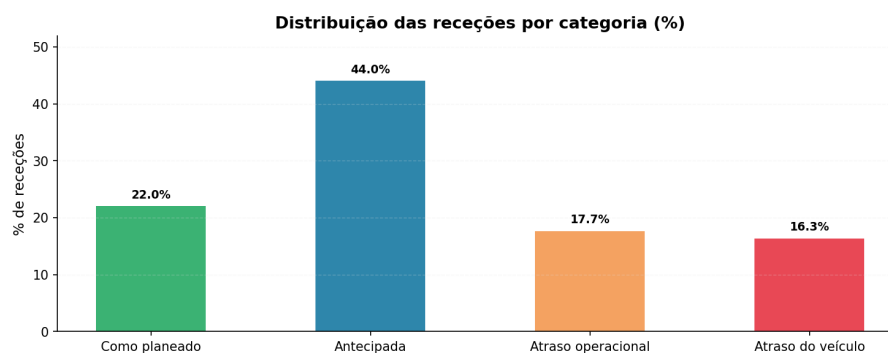


Figura 3.7: Distribuição das receções por categoria de pontualidade.

A composição dos desvios torna-se mais informativa quando se distingue entre fornecedores VST e fornecedores fora deste regime, comparação apresentada na Figura 3.8. Nos fornecedores

fora do regime VST, os desvios resultam sobretudo de atrasos imputáveis à operação, isto é, de situações em que a viatura chega de acordo com o agendamento, mas a descarga não se inicia dentro da janela prevista. Em contraste, no regime VST predominam as antecipações e os atrasos da própria viatura, o que evidencia a reduzida correspondência entre as janelas formalmente atribuídas e a distribuição temporal efetiva das chegadas.

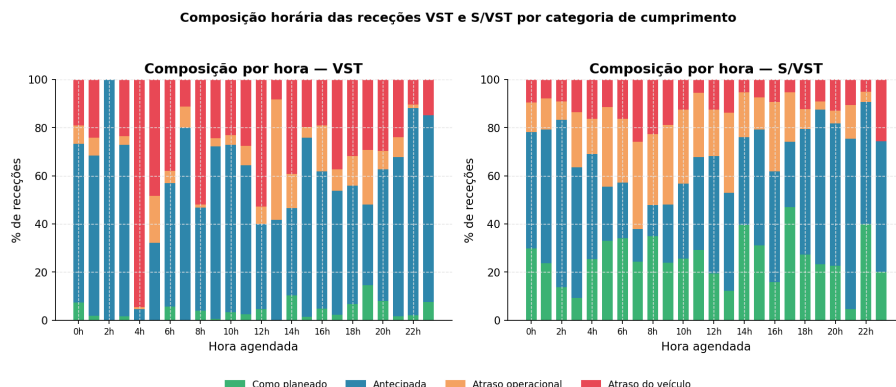


Figura 3.8: Composição horária das receções por categoria de cumprimento, nos fluxos VST e não-VST.

A implicação operacional desta diferença é central para o problema em estudo. Quando a viatura VST chega fora do período inicialmente previsto, ocupa capacidade de receção que não estava reservada para esse momento e desloca para a espera os fornecedores não-VST que, tendo cumprido a janela atribuída, passam a competir com carga VST antecipada ou atrasada. O prolongamento dessa espera tem consequência económica direta para a Sonae, exposta ao risco de penalização pela retenção das viaturas no entreposto. A pontualidade observada resulta, em larga medida, da interação entre a variabilidade do transporte VST, a concentração temporal da carga e a capacidade limitada de absorção da operação, e não do simples incumprimento dos fornecedores.

3.5.4 Concentração por fornecedor e análise ABC

A análise da carteira de fornecedores revela a concentração típica de operações deste tipo, conforme se observa na Figura 3.9. Um número reduzido de fornecedores responde por uma fração substancial do volume rececionado, configurando o padrão de Pareto que sustenta a aplicação de uma análise ABC. Os fornecedores classificados como classe A, correspondentes aproximadamente aos primeiros 20% da curva, agregam cerca de 80% do volume total rececionado, enquanto a classe B representa uma fração intermédia e a classe C reúne a cauda longa de fornecedores com participação individual residual.

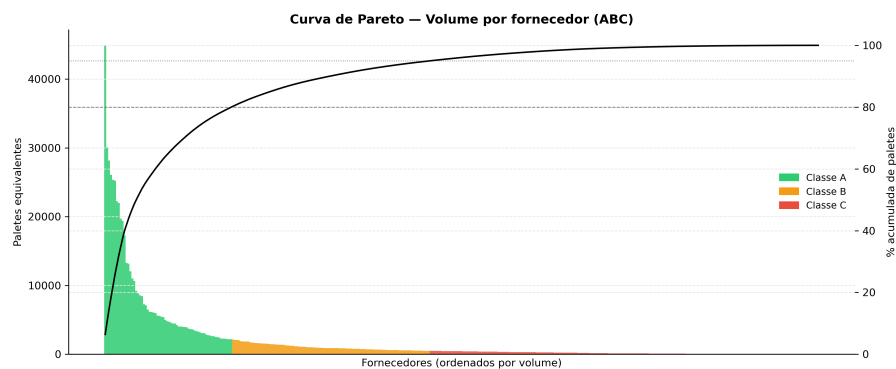


Figura 3.9: Curva de Pareto da carteira de fornecedores.

Esta estrutura tem implicações diretas para o desenho da solução. Ajustar a janela de um fornecedor da classe A altera significativamente o equilíbrio agregado da semana, enquanto ajustes na classe C têm efeito marginal. No entanto, a dimensão de alguns fornecedores da classe A também limita a sua flexibilidade, pelo volume que movimentam, pela frequência das entregas ou pelas restrições associadas ao seu abastecimento. A análise da concentração por fornecedor deve, por isso, ser articulada com a presença do VST no calendário e com a localização das janelas dos fornecedores de maior volume face aos períodos de maior pressão.

3.5.5 Semana de pico

A caracterização da semana de maior pressão observada no horizonte de análise, apresentada na Figura 3.10, permite observar os efeitos combinados das dimensões anteriores num período específico. O perfil horário da semana de pico evidencia concentrações mais pronunciadas do que a média geral, deslocadas para os mesmos períodos críticos identificados no perfil agregado. Esta leitura mostra que o calendário atual amplifica desequilíbrios em momentos de maior procura, em vez de criar margem para os absorver.

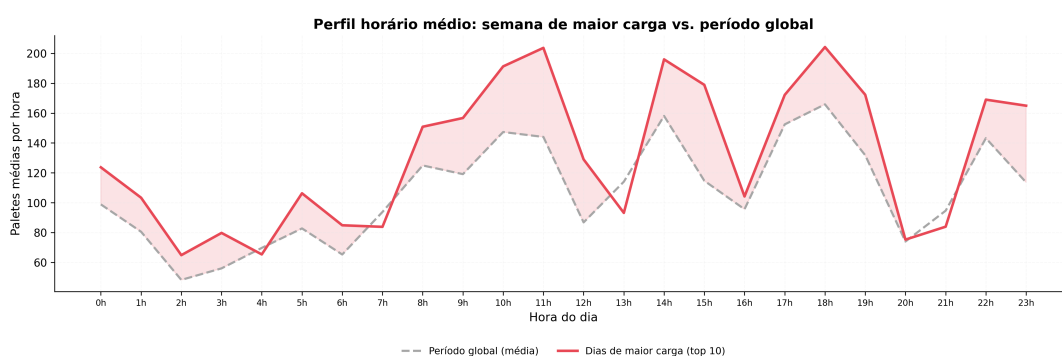


Figura 3.10: Perfil horário da semana de pico face à média do horizonte analisado.

O diagnóstico converge num conjunto de fatores críticos. Os volumes agregados são estáveis, mas a sua distribuição no tempo é desequilibrada: a carga concentra-se em determinados dias e horas, enquanto os períodos com maior margem operacional, sobretudo o turno noturno, ficam

subutilizados. A esta concentração somam-se a variabilidade do VST e a ausência de uma representação estruturada que apoie as decisões de agendamento. Na origem está um calendário que não é revisto periodicamente e cuja capacidade de previsão é agravada pela desatualização das janelas dos fornecedores que passaram ao regime VST.

3.6 Formulação do problema e requisitos da solução

As secções anteriores evidenciam que o calendário semanal não representa de forma rigorosa a carga que a operação deverá absorver em cada período, por combinar a ausência de revisão periódica do seu equilíbrio global com o desfasamento entre as janelas formais e a chegada efetiva das viaturas em regime VST. O problema consiste, assim, em redesenhar o calendário semanal de receção do armazém PBS de forma a incorporar a ocupação esperada do VST, as restrições de espaço e de aprovisionamento e as preferências dos fornecedores, promovendo simultaneamente uma distribuição mais equilibrada da carga e um processo de decisão mais estruturado e reproduzível.

A solução deverá permitir representar a carga esperada por período, explicitar a capacidade residual disponível e apoiar a comparação de alternativas perante alterações ao calendário, pedidos excecionais ou a integração de novos fornecedores. A Tabela 3.1 sintetiza os requisitos considerados no desenvolvimento da proposta.

Tabela 3.1: Requisitos da solução proposta.

Requisito	Implicação para a solução
Representação estruturada do calendário	Explicitar a distribuição da carga por dia, hora e tipologia, tornando visíveis os períodos de maior concentração e a capacidade residual disponível.
Incorporação do VST	Considerar a ocupação esperada associada ao VST com base no padrão efetivo de chegada das viaturas.
Respeito pela capacidade operacional	Considerar o espaço disponível em cada zona de receção e a capacidade partilhada de aprovisionamento.
Nivelamento da carga	Reduzir concentrações excessivas ao longo da semana e do dia, preservando a aderência ao calendário atual sempre que possível.

Capítulo 4

Metodologia

A formulação apresentada no capítulo anterior identificou três fontes de desequilíbrio no calendário atual de receção: a concentração de chegadas em determinados dias e horas, a presença de um fluxo prioritário (VST) cuja chegada efetiva se afasta da janela formal, e a ausência de uma representação estruturada da capacidade que torne explícitos os compromissos envolvidos em cada decisão de agendamento. Este capítulo descreve a metodologia desenvolvida para responder a essa formulação, do desenho metodológico e tratamento dos dados à formulação do problema, à heurística de resolução e à avaliação dos cenários.

4.1 Desenho metodológico

A solução desenvolvida assume uma lógica de calendário-mestre semanal. Esta opção decorre da natureza tática do problema: as janelas atribuídas aos fornecedores permanecem relativamente estáveis após a sua centralização, e a intervenção pretendida situa-se no horizonte de planeamento tático, anterior ao reagendamento em tempo real (Ying e Liebson 2024). A revisão de literatura mostrou que esta escolha é coerente com a distinção entre sistemas estáticos e dinâmicos de agendamento de camiões e que a abordagem estática permanece a mais adequada quando a informação em tempo real não está disponível (Abdelmagid, Gheith e Eltawil 2022).

A sequência metodológica adotada organiza-se em torno da unidade elementar de análise, a célula calendário (d, h, t) , em que d representa o dia da semana, h a hora do dia e t a tipologia operacional (MER+PETS, DPH, BEB). Esta granularidade é a relevante para a decisão, uma vez que a atribuição de um fornecedor a uma janela altera a ocupação esperada de uma célula concreta e, em consequência, a capacidade residual disponível para os restantes fluxos. A unidade de volume é a paleta, opção que permite comparar entregas numa medida operacional comum.

A metodologia distingue três tipos de entidades de carga, para evitar que a heurística atribua flexibilidade a fluxos que, na prática, não estão disponíveis para decisão: os fornecedores fixos, cujas janelas se consideram não alteráveis por razões contratuais e de peso negocial; o VST, cuja chegada depende de rotas próprias e cuja prioridade impõe reserva prévia de capacidade; e os fornecedores redistribuíveis, sobre os quais a heurística atua.

4.2 Tratamento e integração dos dados

4.2.1 Horizonte temporal e fontes

O horizonte de análise abrange 60 semanas, entre 6 de janeiro de 2025 e 28 de fevereiro de 2026, permitindo caracterizar o funcionamento regular da receção e estimar volumes e percentis com maior estabilidade. Foram excluídos os fins de semana, nos quais a receção de fornecedores ocorre apenas excecionalmente, bem como alguns feriados e dias dos períodos de Natal e passagem de ano, por não representarem o regime habitual da operação. A exclusão incidiu apenas sobre os dias atípicos, preservando as restantes observações das semanas afetadas.

A análise integrou quatro fontes de informação, com perspetivas complementares sobre o processo de receção, sintetizadas na Tabela 4.1.

Tabela 4.1: Fontes de dados e respetiva utilização metodológica.

Fonte	Informação relevante	Utilização
Registos de receção	Detalhe por SKU de cada palete recebida	Carga efetiva agregada por (d, h, t, f)
Tipologia de SKU	Associação SKU–tipologia	Conversão para leitura por tipologia
Calendário formal	Janelas atribuídas por fornecedor	Cenário AS-IS e preferências de aderência
Entradas no recinto	Hora de chegada efetiva das viaturas	Análise de aderência, atrasos e padrão VST

4.2.2 Limpeza e cruzamento das receções

A base de registos de receção foi extraída ao nível da paleta de uma SKU. Para uma decisão de agendamento, a granularidade relevante não é o artigo individual mas a tipologia operacional, uma vez que a segmentação física da receção é por zona. Foi por isso necessário cruzar os registos de receção com um ficheiro complementar que associa cada SKU à respetiva tipologia. Este cruzamento permitiu converter uma base transaccional, orientada ao controlo da mercadoria, numa base analítica orientada à gestão de capacidade.

O cruzamento revelou ainda registos do PBL na extração destinada ao PBS, decorrentes da forma como o sistema armazena os dados das duas operações. Estes registos foram inspecionados e excluídos, mantendo-se apenas os imputáveis ao PBS.

O tratamento temporal converteu datas e horas em formatos normalizados e derivou as variáveis dia da semana, hora discreta e turno operacional.

4.2.3 Curadoria da carteira de fornecedores

A lista de fornecedores foi extraída da base de receções tratada e depois sujeita a uma curadoria, de modo a garantir que apenas fornecedores ativos no armazém PBS durante o horizonte analisado integram a carteira a alocar. Foram removidos quatro tipos de registo: fornecedores cuja relação comercial cessou no período; fornecedores alheios ao âmbito do PBS que surgiram na base

por erro de classificação; fornecedores já extintos mas ainda presentes na extração; e movimentos extraordinários, como transferências entre entrepostos e devoluções de lojas. A curadoria foi realizada por confronto com os responsáveis operacionais, num processo de validação caso a caso.

A inspeção da carteira identificou ainda fornecedores que entregam mercadoria sob mais do que um código no sistema, correspondendo tipicamente à separação entre marca do fornecedor e marca própria (Continente). Estes códigos representam a mesma entidade operacional: a entrega é fisicamente única, parte do mesmo armazém de origem na mesma viatura e deve ocupar uma única janela de receção. Para evitar que a base os tratasse como fornecedores distintos e lhes atribuisse janelas independentes, foi construído um índice de junção j que agrega, sob um identificador comum, todos os códigos associados ao mesmo fornecedor operacional. A consolidação foi validada por confronto entre designações, códigos logísticos e informação operacional. A partir daqui, o volume semanal e o número de agendamentos de cada fornecedor passam a ser calculados ao nível do índice de junção, que substitui o código individual como unidade de análise.

Concluída a curadoria, a carteira resultante serve de base à reconstrução do agendamento e à estimativa das necessidades semanais, descritas na secção seguinte.

4.2.4 Reconstrução do agendamento e necessidades semanais

O calendário formal não estava disponível em formato analítico consolidado: a informação sobre janelas atribuídas encontrava-se fragmentada e incompleta, com lacunas para uma parte dos fornecedores. Para reconstruir as preferências e o padrão atual de chegadas, foi utilizado o ficheiro de entradas no recinto, que regista a hora a que cada viatura passa o controlo de entrada.

A base disponível tem uma limitação estrutural: não foi possível extrair uma chave comum que associasse cada viatura às quantidades transportadas, sendo o fornecedor e a data as únicas dimensões partilhadas pelas duas bases. Esta limitação impede a análise viatura a viatura e foi mitigada por agregação ao nível do par (índice de junção, semana). Para cada índice de junção j e cada semana w , foi calculado o volume total rececionado $q_{j,w}$ (a partir da base de receções) e o número de chegadas $a_{j,w}$ (a partir da base de entradas).

A quantidade semanal de referência de cada índice de junção foi quantificada pelo percentil 75 da distribuição do volume semanal observado,

$$q_j^{ref} = Q_{0,75}(q_{j,w}). \quad (4.1)$$

A escolha do percentil 75, em alternativa à média, procura representar uma necessidade semanal exigente mas ainda recorrente: reduz o risco de subdimensionar fornecedores com volume variável, sem converter episódios pontuais de procura muito elevada em capacidade permanentemente reservada, como sucederia com o máximo histórico. A robustez desta referência é avaliada posteriormente através da simulação do calendário sob perfis de volume distintos, incluindo a média histórica e a semana de pico, o que permite verificar se a solução mantém margem operacional quando a procura se afasta do percentil usado na sua construção.

Esta quantidade semanal foi depois convertida em número de viaturas, tomando como denominador a capacidade nominal de uma viatura, correspondente a 33 paletes. O número de viaturas assim obtido corresponde ao número de janelas semanais que o fornecedor necessita:

$$n_j = \left\lceil \frac{q_j^{ref}}{33} \right\rceil. \quad (4.2)$$

Ponderou-se uma referência reduzida (27 ou 28 paletes), mas, em articulação com a operação, optou-se pelas 33 paletes da capacidade nominal completa, por favorecerem o aproveitamento de cada janela. Para os fornecedores cujas entregas recorrem à sobreposição de paletes, a conversão utiliza a capacidade nominal de 66 paletes por viatura. A base de entradas no recinto suportou ainda três análises complementares essenciais ao diagnóstico: o atraso de chegada da viatura face à janela atribuída; o atraso de receção atribuível à operação (chegada pontual mas início de descarga tardio) em contraste com o atraso atribuível ao transporte; e a interferência das receções VST sobre o agendamento previsto para o mesmo intervalo. Esta última análise foi o ponto de partida para o tratamento detalhado do VST, descrito na secção seguinte.

4.3 Análise e modelação do fluxo VST

A presença do VST é uma das condicionantes centrais do problema. Estas viaturas têm prioridade operacional e a sua chegada efetiva pode afastar-se significativamente da janela formalmente atribuída no calendário. Ignorar este efeito conduziria a um calendário aparentemente equilibrado mas incapaz de representar a ocupação real da receção.

4.3.1 Da análise por fornecedor à análise por tipologia

A modelação do VST adota a tipologia como unidade de análise, em substituição do fornecedor individual. A inferência fornecedor a fornecedor esbarra na ausência de informação sobre o agrupamento de rotas e na reduzida dimensão amostral dos fornecedores VST de menor volume, insuficiente para identificar um padrão de chegada robusto. Como o que condiciona a receção é o volume VST que chega a determinada hora e zona, independentemente da composição interna da rota, a agregação por tipologia preserva a informação relevante para o problema e elimina a fragilidade estatística da inferência individual.

4.3.1.1 Janelas de chegada e dimensionamento da reserva

A reserva VST é construída ao nível da célula calendário, definida por $c = (d, h, t)$, em que d identifica o dia, h a hora e t a área de receção. Para cada célula reúne-se a série semanal $V_{w,c}$ do volume VST observado na semana w , sobre a qual assentam duas decisões: que células admitir à reserva e quanta capacidade reservar em cada uma.

A admissão de uma célula depende da regularidade com que o VST nela chega. Essa regularidade é medida pela frequência de ocorrência, que exprime a proporção de semanas com presença

de VST na célula:

$$\varphi_c = \frac{1}{|W|} \sum_{w \in W} \mathbb{I}[V_{w,c} > 0], \quad (4.3)$$

em que W é o conjunto de semanas analisadas e $\mathbb{I}$ a função indicadora. Uma célula é admitida à reserva quando $\varphi_c \geq 0,50$, isto é, quando o VST a ocupa em pelo menos metade das semanas. O limiar funciona como regra de maioria: a capacidade só é protegida quando a ocupação pela VST é o cenário mais frequente. Abaixo deste valor, reservar uma célula retiraria capacidade aos restantes fornecedores na maioria das semanas, sem proteção VST correspondente. O critério distingue as células com presença regular do fluxo daquelas em que as chegadas são esporádicas.

Para cada célula admitida, a capacidade reservada é dimensionada pelo percentil 75 da distribuição semanal do volume VST:

$$R_c = P_{75}(V_{w,c}), \quad c \text{ admitida.} \quad (4.4)$$

Nas células não admitidas, $R_c = 0$. A opção pelo percentil 75 mantém o critério adotado para as necessidades semanais dos fornecedores, o que assegura coerência entre o dimensionamento da carteira e o da reserva VST. O valor representa uma carga exigente mas recorrente: protege capacidade suficiente para a generalidade das semanas, sem imobilizar capacidade para episódios pontuais de volume muito elevado, tratados como exceções operacionais. A reserva dimensionada por este critério protege a carga VST recorrente, mas não cobre a totalidade do volume. Parte das chegadas ocorre em células não admitidas, ou em células reservadas em semanas em que o VST não as ocupa, pelo que a fração do volume efetivamente captada pelas células reservadas é quantificada na avaliação, através de um indicador de cobertura reportado por tipologia no Capítulo 5. Pela própria natureza deste fluxo, cuja hora de chegada depende de rotas externas e varia ao longo do dia, a reserva não dispensa a existência de margem de capacidade para absorver as chegadas que se afastam do padrão protegido, aspeto retomado na Secção 4.4.

4.4 Dimensionamento da capacidade efetiva

A capacidade utilizada pela heurística não corresponde à capacidade nominal de descarga: o problema é simultaneamente limitado pelo cais, pela conferência, pelo aprovisionamento e pelo espaço adjacente (Gu, Goetschalckx e McGinnis 2007; Rouwenhorst et al. 2000). A modelação considera duas dimensões. O espaço por tipologia, E_t^{plan} , reflete a área de cais e zona adjacente afeta a cada tipo de produto. A capacidade de escoamento disponível por hora, L_h^{plan} , é comum às três tipologias e exprime as paletes que a operação consegue movimentar para as localizações de armazenagem nesse intervalo. Uma alocação é admissível apenas se respeitar simultaneamente o limite de espaço da sua tipologia e o limite de capacidade de escoamento da hora correspondente.

Sobre os limites foi aplicado um *capacity cushion* de 10% no espaço e 5% no escoamento, valores definidos como margem operacional em articulação com o entreposto. A definição desta folga teve em consideração a necessidade de proteger capacidade contra a variabilidade esperada da operação, admitindo, como referência prática, a absorção de aproximadamente uma viatura

adicional a cada duas horas. A capacidade efetiva resulta, assim, da aplicação destes *cushions*:

$$\bar{E}_t = (1 - 0,10) E_t^{plan}, \quad \bar{L}_h = (1 - 0,05) L_h^{plan}. \quad (4.5)$$

A capacidade residual disponível para a heurística é a margem que sobra depois de reconhecida a ocupação fixa $F_{t,d,h}$ e a reserva VST $R_{t,d,h}^{VST}$, sendo, no que respeita ao espaço por tipologia,

$$K_{t,d,h}^{res} = \bar{E}_t - F_{t,d,h} - R_{t,d,h}^{VST}. \quad (4.6)$$

Quando $K_{t,d,h}^{res}$ assume valores negativos, a célula é sinalizada como crítica antes do início da heurística: a redistribuição de fornecedores redistribuíveis não pode, por si só, restabelecer o equilíbrio nessa célula.

4.5 Formulação matemática do problema

O problema operacional pode ser formulado como um problema de atribuição binária multicritério com restrições de capacidade. A formulação que se apresenta serve duas funções: clarificar os objetos, parâmetros e restrições que governam a decisão, e tornar explícita a relação entre a heurística construtiva (Secção 4.6) e o problema teórico que pretende resolver.

Conjuntos e índices

$\mathcal{S}$	Conjunto dos agendamentos variáveis a alocar (uma viatura por janela)
$\mathcal{D}$	Conjunto dos dias úteis ($ \mathcal{D} = 5$)
$\mathcal{H}$	Conjunto das horas do dia ($ \mathcal{H} = 24$)
$\mathcal{T}$	Conjunto das tipologias operacionais (MER+PETS, DPH, BEB)
$\mathcal{F}$	Conjunto dos fornecedores redistribuíveis

Parâmetros

q_s	Volume da janela s em paletes
$t_s \in \mathcal{T}$	Tipologia da janela s
$f_s \in \mathcal{F}$	Fornecedor da janela s
j_s	Índice de junção da janela s (consolida códigos do mesmo fornecedor)
$\bar{E}_t$	Capacidade efetiva de espaço da tipologia t
$\bar{L}_h$	Capacidade efetiva de aprovisionamento por hora h
$F_{t,d,h}$	Ocupação fixa em (t, d, h)
$R_{t,d,h}^{VST}$	Reserva VST em (t, d, h)
$a_{s,d,h} \in [0, 1]$	Valor de aderência da posição (d, h) para a janela s
N_f	Número total de janelas semanais do fornecedor f
$\bar{n}_f$	Limite diário de janelas para o fornecedor f

w_n, w_a Pesos dos critérios de nivelamento e aderência, com $w_n + w_a = 1$

Variáveis de decisão

$$x_{s,d,h} = \begin{cases} 1, & \text{se a janela } s \text{ é atribuída à célula } (d,h), \\ 0, & \text{caso contrário.} \end{cases}$$

Função objetivo e restrições

A utilização de cada célula, dada uma solução x , é

$$U_{t,d,h}(x) = \frac{\sum_{s:t_s=t} q_s x_{s,d,h} + F_{t,d,h} + R_{t,d,h}^{VST}}{\bar{E}_t}. \quad (4.7)$$

O objetivo combina dois termos. O *termo de nivelamento* favorece soluções com utilização baixa nas tipologias mais carregadas:

$$Z_n(x) = \sum_{s \in \mathcal{S}} \sum_{(d,h)} x_{s,d,h} \cdot \max(0, 1 - U_{t,d,h}(x)). \quad (4.8)$$

O *termo de aderência* favorece soluções que respeitam as preferências e agendamentos atuais dos fornecedores:

$$Z_a(x) = \sum_{s \in \mathcal{S}} \sum_{(d,h)} a_{s,d,h} x_{s,d,h}. \quad (4.9)$$

O problema consiste em maximizar a combinação convexa $Z(x) = w_n Z_n(x) + w_a Z_a(x)$, cuja variação sistemática do par (w_n, w_a) gera a curva de Pareto entre os dois critérios, sujeita às restrições de capacidade de espaço por tipologia e de aprovisionamento por hora,

$$\sum_{s:t_s=t} q_s x_{s,d,h} + F_{t,d,h} + R_{t,d,h}^{VST} \leq \bar{E}_t, \quad \forall t, d, h, \quad (4.10)$$

$$\sum_{s \in \mathcal{S}} q_s x_{s,d,h} + \sum_t (F_{t,d,h} + R_{t,d,h}^{VST}) \leq \bar{L}_h, \quad \forall d, h. \quad (4.11)$$

Cada janela é atribuída a exatamente uma célula, com $x_{s,d,h} \in \{0, 1\}$. Duas janelas consolidadas sob o mesmo índice de junção não podem coincidir na mesma célula, conforme a Secção 4.2.3, e o número de janelas do mesmo fornecedor colocadas no mesmo dia não excede o limite diário $\bar{n}_f = \lceil N_f / |\mathcal{D}| \rceil$, que promove a distribuição da carga ao longo da semana.

Embora a formulação seja conceitualmente um problema de programação inteira binária, a sua resolução exata é dificultada por dois fatores. Primeiro, a função $Z_n(x)$ depende de $U_{t,d,h}(x)$, que por sua vez depende de x , o que introduz não linearidade no termo de nivelamento. Segundo, a dimensão do espaço de soluções cresce de forma exponencial com $|\mathcal{S}|$, tornando a procura exaustiva inviável para a dimensão observada. A literatura de *scheduling* tático com restrições

heterogéneas recorre, nestes contextos, a heurísticas construtivas de qualidade competitiva (Ying e Liebson 2024; Mar-Ortiz, Castillo-García e Gracia 2020). A secção seguinte descreve a heurística desenvolvida para este efeito.

4.6 Heurística de resolução

4.6.1 Estrutura e justificação

A heurística constrói a solução janela a janela. Em cada passo, a janela em processamento é colocada na célula que maximiza a sua pontuação, calculada a partir dos termos de nivelamento e aderência definidos na Secção 4.5. A regra de decisão é local: não revê colocações anteriores nem antecipa o efeito sobre janelas futuras. A ordem de processamento contrabalança esta característica. As janelas são processadas por ordem decrescente do peso do fornecedor, de modo que os fornecedores de maior dimensão são colocados primeiro, quando o conjunto de células admissíveis ainda é amplo. Esta ordem aumenta a probabilidade de os fornecedores mais relevantes ficarem numa janela compatível com as suas preferências, reduzindo alterações de elevado custo de renegociação. Em cada passo, a pesquisa abrange todas as células admissíveis, pelo que a decisão local é tomada sobre o conjunto completo de opções viáveis.

4.6.2 Critérios de pontuação

A pontuação de cada posição candidata combina dois critérios, o nivelamento e a aderência, ponderados por $w_n + w_a = 1$:

$$\text{score}(s, d, h) = w_n \cdot s_{niv}(s, d, h) + w_a \cdot s_{ader}(s, d, h). \quad (4.12)$$

O termo de nivelamento favorece as células menos carregadas:

$$s_{niv}(s, d, h) = \max(0, 1 - U'_{ts}(d, h)), \quad (4.13)$$

em que $U'_{ts}(d, h)$ é a utilização da tipologia na célula após a inclusão da janela. Quanto menor a utilização resultante, maior a pontuação, o que orienta a colocação para uma distribuição mais uniforme da carga. A tipologia é a base do nivelamento por ser a dimensão segmentada da capacidade e a que origina os desequilíbrios estruturais identificados no diagnóstico.

O termo de aderência traduz a proximidade da posição candidata às preferências declaradas pelo fornecedor. A sua definição assenta em duas decisões distintas, com fundamentos distintos: a ordenação dos patamares de aderência e a atribuição de um valor a cada patamar.

A ordenação dos patamares foi validada com o Customer Service e reflete a hierarquia operacional das alterações ao agendamento. A preferência exata mantém o compromisso atual. Um desvio horário no mesmo dia constitui um ajuste fino, por preservar o calendário interno do fornecedor. A mudança de dia implica a reorganização desse calendário, sendo penalizada mais

fortemente: preservar o dia com desvio horário é, por isso, preferível a preservar a hora exata noutra dia. Para desvios horários superiores a três horas no mesmo dia, o impacto operacional deixa de aumentar de forma relevante com o afastamento adicional; estas posições são, por opção validada com a operação, agrupadas num patamar próprio, abaixo da mudança de dia com hora exata. O patamar mais baixo cobre as posições fora das preferências mas dentro da admissibilidade.

A atribuição de valores aos patamares de aderência visa quantificar a penalização dos desvios face ao calendário atual. Na ausência de dados históricos que permitam discriminar a magnitude exata do impacto logístico de cada intervalo, adotou-se uma escala linearizada (Tabela 4.2). Esta abordagem garante a homogeneidade dos intervalos e preserva estritamente a hierarquia e a ordenação de preferências validadas junto da operação, subdividindo os valores de forma uniforme em função da distância temporal à janela original.

Tabela 4.2: Função de aderência às preferências do fornecedor.

Patamar	Dia	Hora	s_{ader}
1	Mesmo dia	Hora exata	1,000
2	Mesmo dia	± 1 h / ± 2 h / ± 3 h	0,940 / 0,880 / 0,820
3	Outro dia (± 1 a ± 4)	Mesma hora	0,775 / 0,730 / 0,685 / 0,640
4	Mesmo dia	> 3 h, mesmo turno / outro turno	0,550 / 0,460
5	Outro dia (± 1 a ± 4)	Mesmo turno	0,415 / 0,370 / 0,325 / 0,280
6	Fora das preferências	—	0,100

O patamar de uma posição é uma propriedade dessa posição: todas as posições admissíveis são avaliadas em simultâneo, e o patamar apenas determina o valor de s_{ader} que entra na pontuação.

A cardinalização adotada constitui uma convenção operacional. Embora preserve a ordenação dos patamares validada com a operação, os intervalos entre os respetivos valores podem influenciar a alocação, uma vez que o termo de aderência é combinado com o termo de nivelamento numa soma ponderada. Os valores devem, por isso, ser interpretados como parâmetros do modelo, definidos de forma neutra na ausência de uma base empírica que permita diferenciar a magnitude relativa dos intervalos entre patamares.

4.6.3 Cenários de pesos

Em vez de fixar uma combinação única, a heurística é executada sob cinco combinações que cobrem o espaço entre nivelamento puro e aderência total: (1,00;0,00), (0,80;0,20), (0,50;0,50), (0,20;0,80) e (0,00;1,00). A variação permite construir a curva de *trade-off* entre os dois objetivos e identificar o cenário em que o ganho marginal em nivelamento deixa de compensar a perda em aderência. Esta abordagem multicenário é a forma mais transparente de tratar objetivos conflitantes num contexto em que a hierarquia entre eles não está pré-definida (Mar-Ortiz, Castillo-García e Gracia 2020).

4.6.4 Procedimento algorítmico

O Algoritmo 1 descreve o procedimento. Inicializada a ocupação prévia, os fornecedores são processados por volume semanal decrescente e, para cada um, as janelas que a sua necessidade exige são distribuídas pela semana, na célula de maior pontuação entre as admissíveis.

Input: Fornecedor a redistribuir e respectivas janelas; capacidades $\bar{E}_t, \bar{L}_h$; aderência; ocupação prévia F, R^{VST} ; pesos (w_n, w_a) ; semente σ

Output: Calendário TO-BE e lista de exceções

Inicializar $X_{tip}(t, d, h) \leftarrow F_{t,d,h} + R_{t,d,h}^{VST}$ e $X_{tot}(d, h)$ por agregação

Ordenar os fornecedores por volume semanal decrescente

foreach *fornecedor* f , *por essa ordem* **do**

foreach *janela* s *de* f **do**

$\mathcal{A}_s \leftarrow \{(d, h) : \text{cabe em } \bar{L}_h \text{ e } \bar{E}_t, \text{ nenhuma janela de } f \text{ em } (d, h), \bar{n}_f \text{ respeitado}\}$

if $\mathcal{A}_s = \emptyset$ **then**

$\mathcal{A}_s \leftarrow$ idem, sem o limite diário $\bar{n}_f$

end

if $\mathcal{A}_s = \emptyset$ **then**

 Registrar s como exceção

else

$(d^*, h^*) \leftarrow \arg \max_{(d,h) \in \mathcal{A}_s} \text{score}(s, d, h)$; empates por sorteio com semente σ

$X_{tip}(t_s, d^*, h^*) += q_s$; $X_{tot}(d^*, h^*) += q_s$

end

end

end

return calendário e lista de exceções

Algorithm 1: Heurística construtiva multicritério para o calendário PBS

Ordem de construção. Os fornecedores são distribuídos por volume semanal decrescente, colocando os de maior dimensão enquanto as posições disponíveis ainda são amplas, o que aumenta a probabilidade de as suas janelas ficarem em posições compatíveis com a preferência registrada. Antepõem-se as alocações extra dos fornecedores de janela fixa, de maior peso negocial. As janelas de um fornecedor são distribuídas, e não acumuladas: não podem partilhar célula e um limite diário impede que se concentrem no mesmo dia.

Distribuição diária. O limite diário $\bar{n}_f = \lceil N_f/5 \rceil$ reparte a necessidade semanal pelos cinco dias úteis. Se nenhuma posição respeitar capacidade e limite em simultâneo, o limite é flexibilizado e mantêm-se apenas as restrições de capacidade, evitando rejeitar uma janela ainda colocável.

Reprodutibilidade. O desempate é aleatório com semente fixa: duas execuções com os mesmos dados produzem o mesmo calendário, e o sorteio evita enviesamento para uma região da matriz.

4.7 Avaliação comparativa dos cenários

A comparação entre o cenário AS-IS e cada cenário TO-BE é realizada com a mesma carteira de fornecedores e o mesmo volume agregado semanal, pelo que as diferenças observadas resultam exclusivamente do redesenho do calendário. A avaliação considera quatro dimensões complementares: a regularidade da distribuição da carga ao longo da semana, a pressão máxima exercida sobre a capacidade disponível, o custo operacional estimado e o grau de afastamento face às janelas atualmente atribuídas aos fornecedores. Duas destas dimensões, o nivelamento e a aderência, discriminam entre cenários e sustentam a seleção do calendário proposto, ao passo que o custo operacional e a exequibilidade física são aplicados ao calendário selecionado, na medida em que a capacidade é tratada como restrição rígida e a componente económica apresenta variação reduzida entre as alternativas finais.

4.7.1 Indicadores de nivelamento e aproveitamento

O nivelamento é medido pelo coeficiente de variação $CV_t = \sigma_t / \mu_t$, calculado por tipologia sobre o vetor de utilizações horárias da semana. O CV é preferido ao desvio-padrão absoluto por permitir comparar BEB, DPH e MER+PETS, cujos volumes médios são distintos: uma redução de CV_t traduz menor dispersão relativa independentemente da escala. A utilização máxima completa esta leitura porque dois calendários com o mesmo CV podem diferir na pressão de pico, situação que uma medida de dispersão relativa à média não captura. O número de células horárias sem volume agendado quantifica o aproveitamento do espaço disponível ao longo da semana, com particular relevância para o turno noturno, hoje sistematicamente subutilizado. A Tabela 4.3 sintetiza os indicadores por dimensão.

Tabela 4.3: Indicadores considerados na avaliação comparativa dos cenários.

Dimensão	Indicador	Interpretação
Nivelamento	CV horário médio; CV por tipologia	Regularidade da carga ao longo do calendário, global e por área de receção.
Controlo de picos	Utilização máxima total e por tipologia	Pressão máxima sobre a capacidade disponível.
Aproveitamento	Células horárias sem volume	Dispersão dos agendamentos pelas janelas disponíveis.
Custo operacional	Reforço de aprovisionamento; ociosidade equivalente	Custo semanal estimado, por componente e por perfil de volume.
Aderência	Distribuição por nível de impacto e categoria ABC	Esforço de renegociação e concentração nos fornecedores de maior peso.
Exequibilidade	Janelas não alocadas	Viabilidade do cenário dentro das restrições de capacidade.

4.7.2 Modelo de custo operacional

O impacto financeiro é estimado hora a hora a partir do calendário resultante. Para cada hora, o número de aprovisionadores necessários para escoar o volume planeado obtém-se dividindo esse volume pela produtividade de referência por operador, e é confrontado com a dotação normal prevista para o período. Quando o número necessário excede a dotação disponível, o diferencial corresponde a reforço de pessoal; na situação inversa, a ociosidade. O reforço só é contabilizado nas horas em que pelo menos uma tipologia esgota o espaço de chão, condição que obriga a mobilizar mão de obra adicional para libertar a zona de receção, sendo a restante carga absorvida pela equipa afeta ao período sem encargo adicional. O reforço e a ociosidade, valorizados aos respetivos custos horários, compõem o custo operacional equivalente reportado no Capítulo 5.

A retenção de viaturas para além da tolerância contratual de duas horas é tratada à parte. Uma vez que o seu valor monetário depende das condições negociais de cada fornecedor, não é convertida em custo, sendo quantificada por um indicador de exposição expresso em viaturas equivalentes por semana, obtido por simulação do escoamento hora a hora e descrito na Secção 5.5. Esta separação mantém o custo operacional equivalente como a componente comparável entre cenários e a retenção como medida de risco contratual. Por se tratar de parâmetros de custo sujeitos a reserva, este indicador é reportado de forma indexada ao AS-IS calibrado, sem divulgação dos valores monetários absolutos, opção que preserva a leitura comparativa entre cenários e perfis de volume.

4.7.3 Perfis de volume e robustez financeira

Para verificar se as conclusões financeiras se mantêm sob diferentes condições de procura, o mesmo calendário fixo é avaliado com dois perfis de volume. O perfil de média histórica aplica o volume semanal médio real de cada fornecedor, derivado do histórico do período em análise. O perfil de semana de pico usa os volumes observados na semana de maior pressão do período. Esta arquitetura separa a construção do calendário da sua avaliação: a heurística corre uma única vez por cenário de pesos e fixa as posições; os dois perfis de volume são depois aplicados a essas posições sem alterar o calendário. A análise de custo fica assim disponível para todos os cenários, sendo reportada em detalhe para o cenário selecionado sob os dois perfis de volume, na medida em que, conforme se demonstra no Capítulo 5, a componente económica apresenta variação reduzida entre as alternativas finais e não constitui o critério discriminante da seleção.

4.7.4 Aderência ao calendário atual

A aderência ao calendário atual é avaliada com detalhe suficiente para suportar a negociação com fornecedores. Cada janela é classificada em seis níveis de impacto: preferência exata, desvio horário de até três horas no mesmo dia, mudança de dia com preservação de hora, desvio horário superior a três horas no mesmo dia, mudança de dia com preservação de turno, e deslocamento fora de qualquer preferência registada. Dentro dos níveis que admitem gradação, o desvio é quantificado em horas ou em dias. Esta classificação é cruzada com a categoria ABC do fornecedor,

tornando explícito onde se concentra o esforço de renegociação e qual o seu peso em volume. O número de janelas não alocadas pela heurística indica os casos em que as restrições de capacidade não permitem acomodar todos os fornecedores e constitui um indicador direto de exequibilidade do cenário.

4.7.5 Validação e robustez

A validação combinou dois planos. O plano analítico aplicou os indicadores acima à comparação entre cenários. O plano operacional consistiu na discussão dos resultados com a equipa responsável pela receção, com o objetivo de confirmar a compatibilidade das janelas propostas com a organização das zonas de aprovisionamento, verificar se os fornecedores deslocados têm efetivamente margem para alteração e aferir se os indicadores produzidos respondem às necessidades de decisão do dia-a-dia. Esta complementaridade entre análise quantitativa e validação de terreno é necessária porque existem restrições e conhecimento tácito que os dados não representam integralmente.

4.8 Protótipo de sistema de apoio à decisão

A metodologia foi operacionalizada através do desenvolvimento de um protótipo de sistema de apoio à decisão, concebido para transformar os dados tratados, os outputs da heurística e os parâmetros de capacidade numa ferramenta de análise utilizável pela operação. O objetivo do protótipo é criar uma camada analítica que permita interpretar o calendário semanal de receção, simular o impacto das janelas atribuídas e apoiar decisões táticas recorrentes.

O protótipo permite visualizar as cargas semanais agendadas por dia, hora e tipologia, integrando simultaneamente as janelas atribuídas aos fornecedores e as reservas associadas ao fluxo VST. Para cada célula do calendário, são calculadas a ocupação prevista, a percentagem de utilização da capacidade de aprovisionamento e a percentagem de utilização do espaço disponível. Adicionalmente, foi incluída uma simulação da acumulação de paletes na zona de receção, que estima a quantidade de carga que permanece no chão quando o volume previsto excede a capacidade de escoamento da operação. Esta funcionalidade é particularmente relevante porque traduz o calendário em consequências operacionais observáveis, aproximando a análise da realidade física do armazém.

A ferramenta inclui filtros por tipologia, por natureza do fluxo (VST ou não VST), por código de fornecedor e por nome de fornecedor. Estes filtros permitem analisar tanto a ocupação agregada do calendário como o contributo individual de cada fornecedor para determinados períodos de pressão. Para complementar esta visão, foi desenvolvida uma página dedicada à análise por fornecedor, na qual são apresentados os principais dados associados ao fornecedor selecionado, incluindo as janelas atribuídas, a tipologia, as quantidades consideradas e o impacto esperado no calendário.

O protótipo suporta ainda a integração de novos fornecedores, aplicando de forma incremental a lógica da heurística da Secção 4.6. Mantendo o calendário existente como estado fixo, avalia as

células viáveis em função da capacidade, da aderência à preferência do fornecedor e do impacto na acumulação simulada de paletes, devolvendo um ranking de vagas recomendadas que apoia o decisor antes de aceitar uma nova janela. A mesma lógica suporta a revisão de fornecedores já agendados, recalculando as janelas necessárias quando o volume se altera e sugerindo a adição, a desativação ou a substituição de janelas conforme o sentido da variação.

Esta funcionalidade reforça o contributo aplicado da dissertação, na medida em que aproxima a solução de um processo de decisão recorrente da operação. O calendário proposto deixa de ser apenas um resultado estático da heurística e passa a constituir uma base de decisão atualizável, capaz de apoiar novas entradas, alterações pontuais e agendamentos excecionais.

4.9 Síntese da metodologia

A metodologia converte registos operacionais dispersos numa base analítica estruturada, construída sobre 60 semanas de dados com curadoria explícita da carteira de fornecedores. As necessidades semanais e a reserva VST são dimensionadas pelo percentil 75, e a capacidade efetiva incorpora cushions de 10% no espaço e 5% na capacidade de aprovisionamento. O problema, formulado como atribuição binária multicritério com restrições de capacidade, não duplicação e distribuição diária, é resolvido por uma heurística construtiva que processa as janelas por volume decrescente e maximiza, em cada passo, uma pontuação combinada de nivelamento e aderência, percorrendo cinco cenários de pesos que descrevem a curva de trade-off entre os dois objetivos. O capítulo seguinte aplica esta metodologia à carteira do armazém PBS.

Capítulo 5

Resultados

A avaliação organiza-se em dois momentos. No primeiro, os cinco cenários TO-BE são comparados com o AS-IS calibrado em duas dimensões que permitem discriminar entre alternativas: a qualidade do nivelamento e o esforço de alteração e renegociação. Desta comparação resulta a seleção do cenário proposto. No segundo momento, o calendário selecionado é avaliado sob duas condições de volume, correspondentes ao regime típico e ao cenário de maior pressão, através de três leituras operacionais: a utilização da capacidade de escoamento, a absorção de paletes nas zonas de receção e o custo operacional equivalente. A heurística impede que as janelas redistribuíveis criem novas violações de capacidade. As células cuja ocupação fixa e reserva VST já excedem a capacidade efetiva são sinalizadas antes da execução e analisadas separadamente, uma vez que não podem ser corrigidas apenas através da redistribuição das restantes janelas.

Para assegurar a comparabilidade, todos os cenários são avaliados com a mesma carteira de fornecedores e as mesmas necessidades semanais estimadas. O AS-IS de referência corresponde a um AS-IS calibrado, que mantém a posição atual das janelas, mas aplica as necessidades consideradas nos cenários TO-BE. Deste modo, as diferenças observadas resultam da redistribuição das janelas e não da base de cálculo. As secções seguintes caracterizam a carteira e as componentes de ocupação preexistente sobre as quais assenta a construção das soluções.

5.1 Carteira de fornecedores e necessidades semanais

Após o tratamento, consolidação e validação da carteira, foram retidos 324 fornecedores ativos no armazém PBS durante o horizonte de análise, dos quais 288 operam em regime não-VST e 36 em regime VST. Este universo resulta da exclusão de fornecedores cessados, registos fora do âmbito PBS, entidades já extintas e movimentos extraordinários, bem como da consolidação de códigos que representam o mesmo fornecedor operacional. A Tabela 5.1 compara o número de agendamentos semanais registados no calendário formal com as necessidades semanais estimadas pelo método descrito na Secção 4.2.4.

Tabela 5.1: Carteira de fornecedores ativos e necessidades semanais estimadas.

Regime	Fornecedores	Agendamentos formais	Necessidades estimadas
Não-VST	288	1 034	482
VST	36	208	149
Total	324	1 242	631

A diferença entre o calendário formal e as necessidades semanais estimadas é expressiva. Nos fornecedores não-VST, foram identificados 552 agendamentos semanais acima da necessidade calculada, correspondentes a cerca de 53% das janelas atualmente atribuídas. No regime VST, a diferença ascende a 59 agendamentos. Em termos agregados, os resultados evidenciam um desfasamento de 611 janelas entre a ocupação nominal do calendário e a necessidade semanal estimada.

Este desfasamento resulta, em larga medida, da forma como o calendário foi evoluindo ao longo do tempo. À medida que surgiam necessidades adicionais ou pedidos de reforço por parte dos fornecedores, foram sendo acrescentadas novas janelas ao agendamento inicial. Estas alterações permitiram responder a situações concretas, mas não foram acompanhadas por um processo periódico de revisão que avaliasse se as atribuições adicionais continuavam a ser necessárias perante o padrão efetivo de entregas. Em consequência, o calendário formal passou a incorporar uma margem superior à exigida pelas necessidades semanais estimadas, limitando a visibilidade sobre a ocupação esperada e sobre a capacidade efetivamente disponível.

A interpretação difere igualmente entre regimes. Nos fornecedores não-VST, o redimensionamento permite reduzir janelas formalmente atribuídas, mas utilizadas de forma intermitente. No regime VST, a reformulação substitui a representação formal anterior por uma reserva construída a partir do padrão efetivo de chegadas. Em ambos os casos, o principal benefício reside na aproximação do calendário à ocupação esperada e na melhoria da visibilidade sobre a capacidade residual disponível.

5.2 Fornecedores fixos e reserva VST

Antes da alocação dos fornecedores sujeitos a decisão, a heurística incorpora duas componentes de ocupação preexistente: os fornecedores com janelas fixas e a reserva associada às entregas em regime VST. Ambas são tratadas como compromissos previamente estabelecidos que reduzem a capacidade residual disponível para a construção do novo calendário.

A primeira componente corresponde aos 12 fornecedores fixados pela operação, que representam 95 dos 482 agendamentos semanais estimados no regime não-VST, aproximadamente 20% do total. A fixação decorre do peso operacional e negocial destes fornecedores e da regularidade comprovada das suas entregas. Esta opção, validada com a equipa operacional, permite incorporar explicitamente o conhecimento tácito existente e concentrar o esforço de redistribuição nos fornecedores em que existe margem real de alteração.

A segunda componente corresponde à reserva VST. Para os 36 fornecedores que operam neste regime, a análise histórica indicou uma necessidade semanal estimada de 149 agendamentos, correspondentes a 4 210 paletes. A reserva protege uma capacidade nominal de 3 785 paletes nas células selecionadas pelo critério de frequência histórica superior a 50% por tipologia.

Importa distinguir duas métricas. A capacidade nominal reservada quantifica o espaço protegido no calendário para acomodar as entregas VST. A cobertura de volume mede a fração do volume histórico que efetivamente chegou nas células reservadas, sendo calculada semana a semana ao longo do horizonte de análise. Esta segunda métrica permite avaliar a aderência da reserva ao comportamento observado.

Tabela 5.2: Desempenho da reserva VST por tipologia.

Tipologia	Células reservadas	Cobertura histórica de volume	Volume fora de célula reservada (pal/sem)
BEB	58	73,1%	407
MER+PETS	47	72,1%	416
DPH	18	70,5%	195

A cobertura histórica situa-se entre 70% e 73% nas três tipologias, evidenciando um desempenho consistente da reserva VST apesar das diferenças nos padrões de chegada. O volume não abrangido pelas células reservadas corresponde, consoante a tipologia, a cerca de 1,2 a 2,5 viaturas adicionais por dia e por tipologia. Este resultado sugere que a reserva capta a componente mais recorrente do fluxo sem ocupar excessivamente a capacidade disponível, mantendo um volume residual limitado para absorção pelas folgas operacionais previstas.

5.3 Seleção do cenário proposto

A seleção resulta da comparação dos cinco cenários TO-BE com o AS-IS calibrado em duas dimensões. A qualidade do nivelamento traduz o objetivo operacional central do redesenho, ao passo que o esforço de alteração e renegociação representa a sua contrapartida de implementação. A leitura conjunta destas duas dimensões estreita o conjunto de alternativas até à proposta de implementação.

O indicador de nivelamento é o coeficiente de variação horário, $CV_t = \sigma_t / \mu_t$, calculado sobre o vetor de utilização das células horárias da semana. Este indicador permite comparar distribuições com volumes médios distintos e avaliar a dispersão relativa da carga. A Tabela 5.3 apresenta a sua evolução, acompanhada pela utilização máxima e pelo número de células horárias sem volume agendado como indicadores complementares da pressão de pico e do aproveitamento das janelas.

A heurística responde de forma coerente às diferentes combinações de pesos, produzindo calendários progressivamente mais regulares à medida que aumenta a ponderação atribuída ao nivelamento. O AS-IS calibrado apresenta um coeficiente de variação de 1,002, o que traduz uma dispersão da carga superior à própria média horária. No cenário Equilibrado, este indicador diminui para 0,406, correspondendo a uma redução de aproximadamente 60% da dispersão relativa. O

Tabela 5.3: Indicadores de nivelamento e aproveitamento por cenário.

Cenário	CV horário médio	Utilização máxima	Células horárias sem volume
AS-IS calibrado	1,002	333%	77
Aderência Pura	0,739	121%	61
Aderência Forte	0,580	121%	34
Equilibrado	0,406	121%	14
Nivelamento Forte	0,280	121%	0
Nivelamento Puro	0,260	121%	0

Nivelamento Puro apresenta o valor mais baixo, de 0,260, mas exige uma reformulação substancialmente mais extensa do calendário. A utilização máxima desce de 333% no AS-IS calibrado para 121% em todos os cenários TO-BE, mantendo-se constante entre eles porque o seu valor é determinado pela ocupação dos fornecedores fixos e pela reserva VST, componentes prévias que permanecem invariantes nas cinco combinações de pesos. Uma vez que a heurística apenas redistribui as janelas variáveis e impede que estas gerem novas violações de capacidade, o pico de utilização fica ancorado nessa ocupação preexistente, ao passo que o coeficiente de variação e o número de células sem volume continuam a refletir a redistribuição efetuada em cada cenário.

A evolução apresentada na Figura 5.1 evidencia a relação entre o parâmetro utilizado na construção dos cenários e a métrica adotada na avaliação. Como a redistribuição ocorre dentro de cada tipologia, mantendo constante o volume total e, por consequência, a utilização média, o aumento do peso atribuído ao nivelamento acompanha uma redução progressiva do coeficiente de variação. Esta correspondência confirma que o critério de otimização e a métrica de avaliação evoluem no mesmo sentido no espaço de soluções considerado.

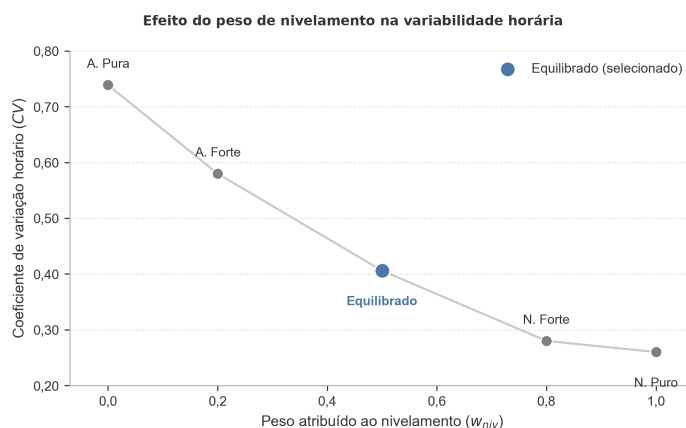


Figura 5.1: Evolução do coeficiente de variação horário com o aumento do peso atribuído ao nivelamento.

O esforço de alteração é analisado a partir das 387 janelas variáveis, excluindo as 95 janelas dos 12 fornecedores fixos. Os seis patamares de aderência são apresentados em três grupos: manutenção da preferência exata (P1), ajuste horário limitado no mesmo dia até ± 3 horas (P2) e alteração relevante (P3–P6).

Tabela 5.4: Extensão e natureza das alterações propostas por cenário.

Cenário	Pref. exata (P1)	Janelas alteradas	% janelas alteradas	Ajuste limitado (P2)	Alteração relevante (P3–P6)
Aderência Pura	229	158	40,8%	138	20
Aderência Forte	226	161	41,6%	135	26
Equilibrado	184	203	52,5%	186	17
Nivelamento Forte	117	270	69,8%	194	76
Nivelamento Puro	9	378	97,7%	69	309

A leitura agregada é complementada pela criticidade dos fornecedores afetados. A Tabela 5.5 apresenta a distribuição das alterações por classe ABC para os três cenários considerados na seleção final.

Tabela 5.5: Distribuição das alterações por classe ABC nos cenários considerados para seleção.

Cenário	Classe	Pref. exata (P1)	Ajuste limitado (P2)	Alteração relevante (P3–P6)
Aderência Forte	A (141)	110	20	11
	B (69)	47	16	6
	C (177)	69	99	9
Equilibrado	A (141)	73	57	11
	B (69)	37	29	3
	C (177)	74	100	3
Nivelamento Forte	A (141)	65	53	23
	B (69)	15	41	13
	C (177)	37	100	40

A comparação evidencia três níveis distintos de compromisso. O cenário Aderência Pura corresponde à alternativa mais conservadora, preservando 229 janelas na posição atual e limitando as alterações relevantes a 20 casos. A Aderência Forte exige um esforço de implementação apenas ligeiramente superior, com 161 janelas alteradas, face às 158 da Aderência Pura, e 26 alterações relevantes. Em contrapartida, reduz de forma expressiva o coeficiente de variação horário, de 0,739 para 0,580. Assim, embora a Aderência Forte não domine estritamente a Aderência Pura em todas as dimensões, o acréscimo de três janelas alteradas permite obter uma melhoria relevante do nivelamento.

O cenário Equilibrado exige uma intervenção mais extensa, com 203 janelas alteradas, mais 42 do que na Aderência Forte. Contudo, o acréscimo concentra-se em ajustes horários limitados no mesmo dia, que aumentam de 135 para 186, enquanto as alterações relevantes diminuem de 26 para 17. A partir do cenário Nivelamento Forte, o esforço de implementação aumenta de forma expressiva. O Nivelamento Puro exigiria uma reformulação quase integral do calendário, com 378 das 387 janelas variáveis em posição diferente da preferência exata.

No cenário Aderência Forte, 110 das 141 janelas de classe A mantêm a preferência exata, cerca de 78%, e apenas 11 exigem alterações relevantes. No cenário Equilibrado, a manutenção

da preferência exata na classe A diminui para 73 janelas, mas a alteração adicional concentra-se nos ajustes horários limitados, que aumentam de 20 para 57, mantendo-se o número de alterações relevantes inalterado em 11 casos. O cenário Equilibrado obtém, deste modo, uma melhoria adicional do nivelamento sem agravar as alterações de maior alcance nos fornecedores mais críticos. O cenário Nivelamento Forte apresenta uma configuração qualitativamente distinta, com 23 alterações relevantes na classe A e um agravamento igualmente visível nas classes B e C.

A Tabela 5.6 sintetiza as duas dimensões para as três alternativas retidas para comparação aprofundada. Embora a Aderência Pura represente a solução mais conservadora, não é mantida nesta análise final, uma vez que a Aderência Forte reduz substancialmente o coeficiente de variação horário com um acréscimo de apenas três janelas alteradas. O Nivelamento Puro é igualmente afastado, por exigir uma reformulação quase integral do calendário em troca de uma melhoria adicional limitada.

Tabela 5.6: Síntese do nivelamento e esforço de implementação nos cenários considerados.

Cenário	CV horário médio	Janelas alteradas	Alterações relevantes (P3–P6)	Classe A ajuste >3h	Classe A fora pref.
Aderência Forte	0,580	161	26	0	3
Equilibrado	0,406	203	17	0	3
Nivelamento Forte	0,280	270	76	11	5

A Figura 5.2 representa o compromisso entre a qualidade do nivelamento e o esforço de implementação.

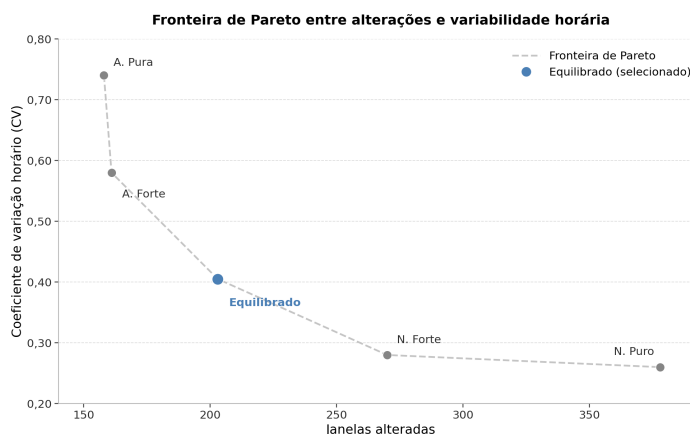


Figura 5.2: Compromisso entre o coeficiente de variação horário e o número de janelas alteradas nos cenários TO-BE.

A análise da fronteira de Pareto (Figura 5.2) evidencia que o cenário Equilibrado representa o ponto de viragem ideal no trade-off entre eficiência e estabilidade relacional. A transição da Aderência Forte para o cenário Equilibrado reduz o coeficiente de variação horário de 0,580 para 0,406. Embora esta mudança implique a alteração de mais 42 janelas, o cruzamento com a análise ABC (Tabela 5.5) demonstra que a totalidade desse esforço incremental se concentra em ajustes horários finos (até 3h) no mesmo dia. Adicionalmente, o cenário selecionado evita o agravamento

verificado a partir do Nivelamento Forte, que exigiria renegociar mais 67 janelas e introduziria desvios severos (superiores a 3h) em fornecedores críticos de Classe A.

A seleção fundamenta-se, assim, no compromisso entre uma melhoria analítica expressiva e um esforço de transição concentrado nas mudanças de menor impacto. A implementação deverá ser conduzida em articulação com o *Customer Service*, através da análise individual das alterações e da negociação com os fornecedores afetados. Esta etapa não reabre a seleção do cenário, mas permite ajustamentos pontuais sempre que uma janela se revele inviável na prática, com o apoio da ferramenta descrita na Secção 5.6. As implicações de custo e a exequibilidade física do calendário selecionado são examinadas na Secção 5.4.

5.4 Avaliação operacional do cenário selecionado

A avaliação operacional permite distinguir o comportamento regular da solução dos limites observados em condições adversas. O cenário Equilibrado é avaliado sob os dois perfis de volume apresentados na Tabela 5.7, através de três leituras operacionais: a utilização da capacidade de escoamento, a absorção de paletes nas zonas de receção e o custo operacional equivalente. As duas primeiras permitem verificar a exequibilidade física no regime típico e identificar os limites residuais da solução sob maior pressão. A terceira traduz o comportamento económico do calendário perante a variação do volume.

Tabela 5.7: Perfis de volume considerados na avaliação operacional.

Perfil	Finalidade	Construção
Regime típico	Avaliar o funcionamento regular	Média das quantidades semanais distribuída pelas janelas atribuídas
Cenário de maior pressão	Testar a robustez da solução	Semana com maior quantidade rececionada, de 12/01/2026 a 16/01/2026

A utilização da capacidade de escoamento é apresentada na Figura 5.3, por hora do dia e perfil de volume. No regime típico, o calendário Equilibrado distribui a carga pelas horas disponíveis e suprime os picos extremos do AS-IS, ainda que a utilização permaneça acima da capacidade efetiva nas horas de maior atividade, o que confirma o escoamento como a restrição que vincula a receção. No cenário de maior pressão, a utilização excede a capacidade na maior parte do período diurno, uma vez que o volume da semana de pico ultrapassa a capacidade de aprovisionamento instalada. Este limite pertence ao dimensionamento da equipa e permanece fora do alcance da reorganização das janelas.

Nas zonas de receção, o espaço de chão conserva capacidade para acomodar temporariamente parte da carga que o aprovisionamento não escoar de imediato. As necessidades de mão de obra adicional só são contabilizadas quando essa capacidade se esgota, ou seja, quando a carga acumulada num período excede o espaço físico da tipologia.

O custo operacional equivalente, decomposto em reforço de escoamento e ociosidade, é apresentado na Tabela 5.8 para os dois perfis, em índice relativo ao AS-IS calibrado em regime típico

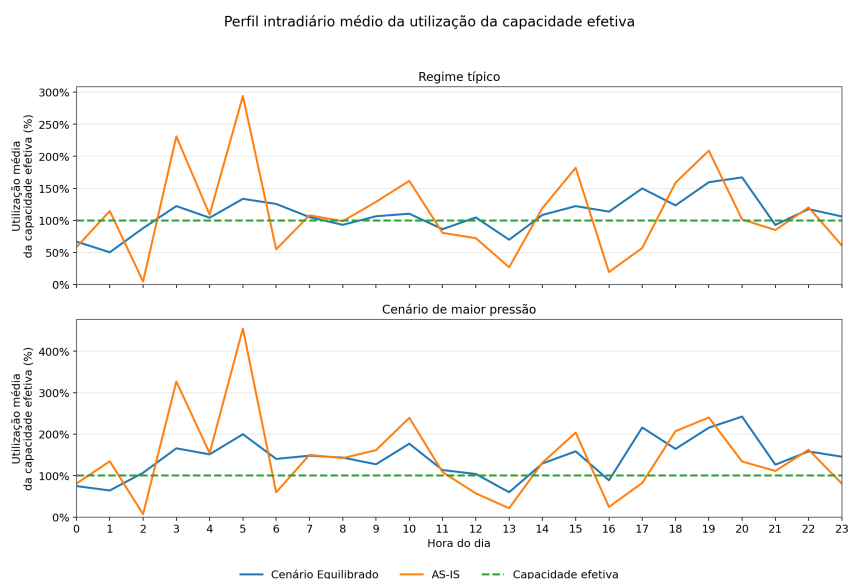


Figura 5.3: Utilização da capacidade de escoamento nos dois perfis de volume.

Tabela 5.8: Custo operacional equivalente por componente e perfil de volume.

Componente	Regime típico			Maior pressão		
	AS-IS	Equil.	Redução	AS-IS	Equil.	Redução
Reforço de escoamento	50,2	1,9	96%	78,1	55,9	28%
Ociosidade equivalente	49,8	13,0	74%	39,7	8,9	78%
Custo operacional equivalente	100,0	14,9	85%	117,8	64,8	45%

(base 100), acompanhado da redução por componente face ao AS-IS no mesmo perfil. A redução do custo operacional equivalente decompõe-se de forma desigual entre as duas componentes e entre os dois perfis, o que esclarece simultaneamente a sua origem e o seu alcance. No regime típico, a quase eliminação do reforço de escoamento, de 50,2 para 1,9 em índice, traduz o efeito directo do nivelamento, na medida em que a acumulação de paletes deixa de esgotar o espaço de chão quando a carga se reparte pelas horas disponíveis, removendo a necessidade de mão de obra adicional para o libertar; a ociosidade diminui em menor grau e passa a representar a maior parte do custo residual, por corresponder a um remanescente estrutural de horas de menor atividade que o nivelamento atenua sem eliminar. Sob maior pressão, o comportamento das duas componentes separa-se, uma vez que a ociosidade conserva uma redução expressiva, de 39,7 para 8,9, ao passo que o reforço de escoamento desce apenas de 78,1 para 55,9. A persistência do reforço neste perfil decorre de o volume de pico exceder a capacidade de aprovisionamento disponível ao longo da semana, pelo que a saturação do espaço de chão se verifica em qualquer distribuição da carga e exige reforço com independência do calendário. O índice do Equilibrado regista esta diferença, ao subir de 14,9 no regime típico para 64,8 sob maior pressão. A poupança concentra-se na supressão da ineficiência associada à má distribuição da carga, que governa a operação corrente, sem exigir investimento de capital nem expansão dos recursos físicos.

5.5 Exposição a retenção de viaturas

A concentração da carga acima do ritmo de escoamento gera uma fila de paletes por processar e, com ela, o risco de retenção das viaturas que as transportam para além da tolerância contratual de duas horas. A quantificação exata deste risco em valor monetário depende das condições negociais de cada fornecedor, pelo que não é convertida em custo. Em alternativa, foi desenvolvido um indicador de exposição que mede a fração do fluxo que permanece por escoar duas horas após a chegada, obtido por simulação acoplada da receção e do aprovisionamento, hora a hora, em que cada viatura só descarrega quando existe, em simultâneo, capacidade de receção na sua tipologia e espaço livre no chão, libertado ao ritmo a que o aprovisionamento o esvazia. A retenção corresponde às paletes cuja viatura aguarda mais de duas horas por estas condições, expressa em viaturas equivalentes por semana. O indicador mede a pressão conjunta sobre a receção e o aprovisionamento, sem prever o tempo de espera individual de cada viatura, limitação que se assume e se remete para trabalho futuro.

Tabela 5.9: Exposição a retenção de viaturas por perfil de volume, com o AS-IS calibrado como referência (viaturas equivalentes por semana).

Perfil	Exposição AS-IS	Exposição Equilibrado
Regime típico	177	3
Maior pressão	246	123

No regime típico, o calendário nivelado reduz a exposição de 177 para 3 viaturas equivalentes por semana, correspondendo a uma diminuição de aproximadamente 98%. No cenário de maior pressão, a exposição desce de 246 para 123 viaturas equivalentes por semana, uma redução de aproximadamente 50%, mais contida porque o volume de pico excede a capacidade de aprovisionamento ao longo da semana, pelo que o chão satura e retém viaturas em qualquer distribuição da carga, ainda que o calendário nivelado reduza essa exposição a cerca de metade da do calendário atual.

5.6 Protótipo de sistema de apoio à decisão

O calendário TO-BE do cenário Equilibrado foi operacionalizado no protótipo descrito na Secção 4.8, que integra as janelas atribuídas pela heurística, a reserva VST e a ocupação dos fornecedores fixos numa representação semanal por tipologia. As leituras operacionais das Secções 5.4 e 5.5, designadamente a utilização da capacidade de escoamento, a absorção de paletes nas zonas de receção e a exposição a retenção de viaturas, deixam de ser um resultado estático da avaliação e passam a estar disponíveis hora a hora na própria ferramenta, atualizando-se sempre que uma janela é alterada. Desta forma, os indicadores que sustentaram a seleção do cenário ficam acessíveis à operação para as decisões correntes, ultrapassando a função de evidência da análise realizada.

O valor da ferramenta torna-se mais claro perante as decisões recorrentes que o diagnóstico identificou como problemáticas. A Tabela 5.10 sintetiza a correspondência entre as limitações

do processo de agendamento, identificadas nas Secções 3.3 e 3.6, e a resposta implementada no protótipo, com indicação das vistas do Anexo A que a concretizam.

Tabela 5.10: Correspondência entre limitações do agendamento e vistas do protótipo.

Limitação	Apoio no protótipo	Vista(s) do anexo
Conhecimento concentrado no calendário	Consulta partilhada do calendário e da carteira de fornecedores	Fig. A.1; Fig. A.3
Carga e capacidade sem leitura integrada	Utilização por hora e tipologia, com stock estimado no cais	Fig. A.1; Fig. A.2
Janelas VST desfasadas das chegadas efetivas	Reserva VST incorporada na ocupação esperada do calendário	Fig. A.1
Novos fornecedores avaliados caso a caso	Cálculo de janelas necessárias e ranking de alternativas viáveis	Fig. A.4
Pedidos excecionais sem simulação prévia	Substituição de janelas com capacidade residual e ocupação visíveis	Fig. A.5
Revisão periódica pouco reprodutível	Recálculo dos indicadores após cada alteração do calendário	Figs. A.1–A.5

Com esta base, novos fornecedores, pedidos excecionais e revisões periódicas passam a ser avaliados contra a capacidade residual antes de alterar o calendário.

A apresentação e discussão da ferramenta com a equipa operacional recolheram evidência favorável quanto à utilidade dos indicadores e à compatibilidade das janelas propostas com a organização das zonas de aprovisionamento.

Capítulo 6

Conclusão

6.1 Síntese do trabalho e principais resultados

A presente dissertação teve como objetivo desenvolver uma proposta de redesenho do calendário semanal de receção de fornecedores do armazém PBS do entreposto da Maia, promovendo uma distribuição mais equilibrada da carga e uma utilização mais eficiente da capacidade disponível.

A análise da situação inicial demonstrou que o principal problema é de distribuição temporal: com o volume agregado estável, o calendário concentra carga em determinados dias e horas e mantém desequilíbrios persistentes entre turnos, com uma capacidade de antecipação limitada pela ausência de revisão periódica e pelo desfasamento entre as janelas formais e a chegada efetiva das viaturas VST. Para responder a este problema, foi desenvolvida uma abordagem que combina a reconstrução das necessidades semanais, o tratamento específico do VST, a representação da capacidade e uma heurística construtiva multicritério, privilegiando o nivelamento da carga e incorporando a aderência às preferências atuais como critério complementar.

A comparação de cinco cenários com diferentes ponderações entre os dois objetivos conduziu à seleção do cenário Equilibrado, pelo compromisso mais adequado entre melhoria operacional e esforço de renegociação. Neste cenário, o coeficiente de variação horário diminui de 1,002 para 0,406, uma redução aproximada de 60% na dispersão relativa da carga.

No regime típico, o custo operacional equivalente reduz-se em cerca de 85% por semana e a exposição a retenção de viaturas diminui de 177 para 3 viaturas equivalentes por semana. No cenário de maior pressão, a redução do custo operacional equivalente é de cerca de 45%, descendo a exposição a retenção de 246 para 123 viaturas equivalentes por semana. A componente de custo operacional resulta da reorganização do calendário, ao passo que a exposição a retenção mede um risco contratual cuja conversão em custo depende das condições negociais de cada fornecedor.

A escolha do cenário Equilibrado não resulta da minimização isolada do custo. Das 387 janelas variáveis, 184 mantêm a preferência exata e 203 são alteradas, concentrando-se a maioria das modificações em ajustes horários limitados no mesmo dia. Nos fornecedores de classe A, o cenário não introduz desvios superiores a três horas, evitando alterações com maior potencial de perturbação logística e relacional.

6.2 Contributos da dissertação

O contributo principal do trabalho reside na transformação de um calendário historicamente construído por acumulação de decisões pontuais numa proposta estruturada, analisável e reproduzível.

No plano metodológico, a dissertação articula dados históricos, restrições físicas e critérios operacionais num problema tático de receção em retalho alimentar. Um primeiro contributo reside na curadoria da carteira de fornecedores, que permitiu transformar uma base operacional sujeita a registos cessados, duplicações funcionais e movimentos extraordinários num universo de decisão coerente com a operação real. A abordagem distingue fornecedores fixos, VST e redistribuíveis, permitindo representar de forma mais fiel o espaço efetivo de decisão.

O tratamento do VST constitui um contributo particularmente relevante. Em vez de considerar apenas as janelas formalmente atribuídas, a solução incorpora o padrão efetivo de chegada destas viaturas e reserva previamente capacidade nas células mais relevantes. Esta opção aproxima o calendário da realidade operacional e evita que um fluxo prioritário seja tratado como livremente redistribuível.

A análise multicenário constitui outro contributo importante. A variação dos pesos atribuídos ao nivelamento e à aderência permite tornar explícito o compromisso entre melhoria operacional e esforço de implementação. A classificação das alterações por patamar de impacto e a análise por classe ABC complementam esta leitura, evitando que a seleção assente apenas na minimização do custo ou na experiência individual.

No plano aplicado, o contributo mais relevante reside no protótipo de sistema de apoio à decisão. O diagnóstico mostrou que a principal fragilidade do calendário esteve na ausência de um mecanismo de revisão periódica, que permitiu a sua degradação progressiva por acumulação de decisões pontuais e concentrou o critério num número reduzido de responsáveis. Um calendário redesenhado, por mais equilibrado que seja no momento da sua adoção, fica sujeito à mesma degradação se o processo de decisão se mantiver inalterado. Ao tornar a integração de novos fornecedores, a avaliação de pedidos excecionais e a revisão do calendário operações reproduzíveis e apoiadas numa representação explícita da capacidade, o protótipo transfere o critério do conhecimento tácito individual para um instrumento partilhável. Esta característica sustenta o valor do trabalho para além da proposta concreta de calendário, na medida em que dota a operação da capacidade de manter o nivelamento ao longo do tempo.

6.3 Limitações

Os resultados devem ser interpretados à luz de algumas limitações.

A primeira decorre da estrutura dos dados disponíveis. Não foi possível associar diretamente cada viatura às quantidades efetivamente transportadas através de uma chave comum entre os registos de entrada e de receção. A análise foi, por isso, reconstruída ao nível agregado, adequado ao

horizonte tático do problema, mas insuficiente para reproduzir com precisão o percurso individual de cada veículo.

A segunda limitação prende-se com o modelo de custo. Os encargos por retenção representam uma exposição económica potencial, não custos necessariamente incorridos, pelo que o modelo deve ser entendido como instrumento comparativo entre cenários e não como previsão contabilística exata.

A terceira limitação resulta da natureza construtiva da heurística. As janelas são atribuídas sequencialmente e as decisões anteriores não são revistas. A solução é transparente, reproduzível e adequada ao contexto aplicado, mas não existe garantia de ótimo global.

Por fim, a validação operacional foi realizada ao nível global dos cenários. A eventual implementação exige uma análise individual das alterações propostas e a negociação com os fornecedores afetados.

6.4 Desenvolvimentos futuros

O desenvolvimento mais imediato é um plano de implementação faseado do cenário Equilibrado, incluindo a análise individual dos fornecedores afetados, a priorização das alterações e o acompanhamento dos resultados após a introdução das novas janelas.

A recolha de dados adicionais permitiria ainda reforçar a modelação. A associação direta entre cada viatura, a respetiva carga e os momentos de chegada, descarga e libertação possibilitaria uma avaliação mais precisa dos tempos de permanência e dos custos associados.

Do ponto de vista algorítmico, a heurística poderá ser complementada por uma fase de melhoria local, baseada em trocas ou deslocações entre janelas. Esta extensão permitiria avaliar se algumas decisões tomadas durante a construção inicial podem ser refinadas sem comprometer a transparência da solução.

Por último, o protótipo poderá evoluir através da integração com os sistemas internos da empresa, reduzindo o esforço manual de atualização e permitindo apoiar de forma recorrente a entrada de novos fornecedores, pedidos excecionais e revisões periódicas do calendário.

6.5 Considerações finais

A presente dissertação demonstra que uma parte relevante dos desequilíbrios da receção pode ser mitigada por uma melhor configuração do calendário semanal. O resultado é uma abordagem estruturada que, além de propor novas janelas, torna visíveis as restrições da operação, explicita os compromissos de cada alternativa e reduz a dependência do conhecimento tácito individual.

O cenário Equilibrado concretiza este princípio, com uma melhoria operacional expressiva sem alteração excessiva das relações de abastecimento existentes. Ao incorporar a revisão do calendário num instrumento reproduzível, a abordagem reduz o risco de a operação regressar ao padrão de desequilíbrio que motivou este trabalho.

6.6 Alinhamento com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

A reflexão sobre o contributo do trabalho para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) das Nações Unidas complementa a leitura dos resultados. O alinhamento concentra-se nas dimensões económica e produtiva, nas quais os efeitos do redesenho são mensuráveis através dos indicadores apresentados no Capítulo 5. A análise distingue o contributo direto para a produtividade operacional dos efeitos indiretos associados às condições de trabalho e ao aproveitamento da infraestrutura instalada. A Tabela 6.1 sintetiza este alinhamento, associando a cada meta a contribuição do trabalho e a evidência correspondente.

Tabela 6.1: Alinhamento do trabalho com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.

ODS	Meta	Contribuição	Indicadores de desempenho
8. Trabalho digno e crescimento económico	8.2	Aumento da produtividade dos recursos de aprovisionamento através do nivelamento da carga, com redução simultânea do reforço de pessoal e da ociosidade.	Redução do custo operacional equivalente semanal de cerca de 85% no regime típico e de 45% no cenário de maior pressão (Tabela 5.8).
	8.8	Contributo indireto para a redução de situações de saturação das zonas de receção e de congestionamento da circulação interna associado à acumulação de paletes, através de uma distribuição mais regular da carga entre períodos e turnos.	Redução da saturação do espaço de chão e do reforço de escoamento no regime típico face ao AS-IS, refletindo a menor frequência de esgotamento do espaço (Secção 5.4; Tabela 5.8).
9. Indústria, inovação e infraestruturas	9.4	Contributo indireto para uma utilização mais eficiente da infraestrutura instalada, através do melhor aproveitamento da capacidade existente e da sistematização do agendamento num instrumento analítico partilhável e reproduzível.	Coefficiente de variação horário, de 1,002 para 0,406; células horárias sem volume, de 77 para 14 (Tabela 5.3).

No plano da produtividade (meta 8.2), o nivelamento da carga melhora o aproveitamento dos recursos afetos ao aprovisionamento, reduzindo simultaneamente o reforço de pessoal e a ociosidade. A distribuição mais regular da carga ao longo do dia e entre turnos pode também contribuir para reduzir situações de saturação das zonas de receção e de congestionamento da circulação interna associado à acumulação de paletes (meta 8.8). Este contributo deve ser interpretado como indireto, uma vez que não foram avaliados indicadores específicos de segurança ocupacional.

Por fim, a utilização mais eficiente da capacidade instalada e a sistematização do agendamento num instrumento analítico partilhável e reproduzível apresentam um alinhamento indireto com a meta 9.4. O calendário proposto permite melhorar o aproveitamento da infraestrutura existente sem exigir uma expansão física da receção no cenário analisado. Uma vez que não foram quantificados consumos de recursos ou impactos ambientais, esta relação traduz sobretudo um potencial de eficiência operacional da infraestrutura.

Referências

- Abdelmagid, Ahmed Mohssen, Mohamed Samir Gheith e Amr Bahgat Eltawil. 2022. «A comprehensive review of the truck appointment scheduling models and directions for future research». *Transport Reviews* 42 (1): 102–126. ISSN: 14645327. <https://doi.org/10.1080/01441647.2021.1955034>.
- Boysen, Nils e Malte Flidner. 2010. *Cross dock scheduling: Classification, literature review and research agenda*. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2009.10.008>.
- Council of Supply Chain Management Professionals. 2013. «Supply Chain Management Definitions and Glossary». CSCMP. Acedido em 11 de março de 2026. https://cscmp.org/CSCMP/cscmp/educate/scm_definitions_and_glossary_of_terms.aspx.
- Davarzani, Hoda e Andreas Norrman. 2015. «Toward a relevant agenda for warehousing research: literature review and practitioners' input». *Logistics Research* 8 (1). ISSN: 18650368. <https://doi.org/10.1007/s12159-014-0120-1>.
- Gomes, Reinaldo, Ruxanda Godina Silva e Pedro Amorim. 2025. «Solving Logistical Challenges in Raw Material Reception: An Optimization and Heuristic Approach Combining Revenue Management Principles with Scheduling Techniques». *Mathematics* 13 (6). ISSN: 22277390. <https://doi.org/10.3390/math13060919>.
- Gu, Jinxiang, Marc Goetschalckx e Leon F. McGinnis. 2007. «Research on warehouse operation: A comprehensive review». *European Journal of Operational Research* 177 (1): 1–21. ISSN: 03772217. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2006.02.025>.
- Jackson, David O. 2005. *Managing and Scheduling Inbound Material Receiving at a Distribution Center*. Relatório técnico. MIT.
- Karaenke, Paul, Martin Bichler, Soeren Merting e Stefan Minner. 2020. «Non-monetary coordination mechanisms for time slot allocation in warehouse delivery». *European Journal of Operational Research* 286 (3): 897–907. ISSN: 03772217. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2020.03.068>.
- Mar-Ortiz, Julio, Norberto Castillo-García e María D. Gracia. 2020. «A decision support system for a capacity management problem at a container terminal». *International Journal of Production Economics* 222. ISSN: 09255273. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.09.023>.
- Modica, Tiziana, Elena Tappia, Claudia Colicchia e Marco Melacini. 2024. «Integrating arrival time estimation in truck scheduling: an explorative study in grocery retailing». *Production and Manufacturing Research* 12 (1). ISSN: 21693277. <https://doi.org/10.1080/21693277.2024.2425678>.

- Murty, Katta G., Jiyin Liu, Yat Wah Wan e Richard Linn. 2005. «A decision support system for operations in a container terminal». *Decision Support Systems* 39 (3): 309–332. ISSN: 01679236. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2003.11.002>.
- Phan, Mai Ha e Kap Hwan Kim. 2016. «Collaborative truck scheduling and appointments for trucking companies and container terminals». *Transportation Research Part B: Methodological* 86:37–50. ISSN: 01912615. <https://doi.org/10.1016/j.trb.2016.01.006>.
- Raicu, Serban, Dorinela Costescu, Mihaela Popa e Cosmin Robert Bujor. 2024. «Strategic and tactical management of warehousing in distribution logistics». Em *Transportation Research Procedia*, 79:385–392. Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2024.03.051>.
- Rouwenhorst, B., B. Reuter, V. Stockrahm, G. J. van Houtum, R. J. Mantel e W. H. M. Zijm. 2000. «Warehouse design and control: Framework and literature review». *European Journal of Operational Research* 122 (3): 515–533.
- Rushton, Alan, Phil Croucher e Peter Baker. 2010. *The Handbook of Logistics and Distribution Management*. 4ª edição. London: Kogan Page.
- Smith, Dustin e Sharan Srinivas. 2019. «A simulation-based evaluation of warehouse check-in strategies for improving inbound logistics operations». *Simulation Modelling Practice and Theory* 94:303–320. ISSN: 1569190X. <https://doi.org/10.1016/j.simpat.2019.03.004>.
- Sonae. 2025. *Relatório Anual Integrado 2025*. Relatório técnico. Sonae. Acedido em 8 de abril de 2026. https://www.sonae.pt/fotos/ag/relatorio_anual_sonae_2025_106445684069cd5fe84acad.pdf.
- Tadumadze, Giorgi, Nils Boysen, Simon Emde e Felix Weidinger. 2019. «Integrated truck and workforce scheduling to accelerate the unloading of trucks». *European Journal of Operational Research* 278 (1): 343–362. ISSN: 03772217. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2019.04.024>.
- Torkjazi, Mohammad, Nathan Huynh e Ali Asadabadi. 2022. «Modeling the Truck Appointment System as a Multi-Player Game». *Logistics* 6 (3). ISSN: 23056290. <https://doi.org/10.3390/logistics6030053>.
- Wirth, Martin e Simon Emde. 2018. «Scheduling trucks on factory premises». *Computers and Industrial Engineering* 126:175–186. ISSN: 03608352. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2018.09.023>.
- Ying, Curtis e Michael Liebson. 2024. «An Innovative Approach to Optimize Inbound Delivery Scheduling at Distribution Centers». *International Journal of Operations Research and Information Systems* 15 (1): 1–22. ISSN: 1947-9328. <https://doi.org/10.4018/ijoris.345920>.

Anexo A

Protótipo de sistema de apoio à decisão

Este anexo reúne as principais vistas do protótipo descrito nas Secções 4.8 e 5.6. A ferramenta foi desenvolvida em Excel, sobre tabelas estruturadas, um modelo de utilização da capacidade e formulários em VBA. As capturas ilustram a interface efetivamente implementada e complementam a descrição apresentada no corpo da dissertação.

Por razões de confidencialidade, as vistas apresentadas utilizam dados demonstrativos, preservando a estrutura funcional e a lógica de cálculo do protótipo.

Calendário-mestre PBS

Vista de agendamento com filtros — paletes esperadas por dia × hora

FILTROS

Tipologia

Todas

Tipo de fornecedor

Todos

Reserva VST

Sim

Código fornecedor

Todos

Nome fornecedor

Todos

Limpar filtros

Reserva VST: 'Sim' soma a reserva das janelas; 'Não' esconde a reserva; 'Apenas' mostra exclusivamente a reserva VST. Filtros Código/Nome: aceitam 'Todos' (sem filtro) ou valor da carteira; resolvem para o mesmo índice de Junção.

INDICADORES (sobre o filtro activo)

Total paletes

15.501

Nº de janelas

486

Paletes VST

3.785

Filtro activo

Todas / Todos / VST: Sim

Detalhe do fornecedor seleccionado

(selecione um código ou nome de fornecedor para ver detalhes)

Dia \ Hora	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
2ª	125	99	61	100	99	115	111	140	165	165	166	154	134	112	159	161	115	97	129	151	119	85	110	138
3ª	111	132	100	99	116	118	117	141	166	166	165	155	156	154	161	164	133	108	120	170	139	75	106	97
4ª	106	94	101	118	100	117	116	127	150	166	166	152	145	148	148	159	108	141	134	172	137	129	135	132
5ª	109	99	77	99	70	117	102	132	162	166	160	144	126	112	165	157	157	139	139	163	131	86	107	145
6ª	131	98	79	99	99	116	97	141	138	150	162	109	152	116	145	163	137	131	132	142	130	104	139	152

% UTILIZAÇÃO — sobre capacidade efectiva (invariante aos filtros; mostra sempre todas as janelas Ativas + VST)

Espaço: pressão sobre a área disponível por tipologia. Escoamento: pressão sobre a capacidade de movimentação subsequente (agregada). Verde: folga; vermelho: saturação.

MER+PETS — % utilização do espaço

Dia \ Hora	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
2ª	43%	35%	32%	18%	17%	17%	24%	35%	35%	52%	35%	41%	35%	29%	33%	29%	22%	16%	34%	38%	30%	29%	39%	38%
3ª	37%	52%	28%	17%	23%	17%	35%	40%	46%	37%	35%	42%	38%	31%	32%	35%	24%	21%	25%	44%	31%	17%	29%	35%
4ª	30%	32%	19%	14%	18%	17%	26%	39%	43%	43%	37%	35%	34%	25%	28%	29%	17%	33%	20%	39%	34%	33%	47%	36%
5ª	33%	35%	35%	17%	20%	17%	29%	35%	36%	37%	32%	38%	31%	24%	18%	35%	32%	32%	26%	44%	19%	21%	26%	40%
6ª	34%	34%	17%	17%	17%	26%	29%	22%	29%	42%	35%	31%	28%	25%	36%	31%	30%	34%	37%	39%	17%	33%	29%	44%

DPH — % utilização do espaço

Dia \ Hora	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
2ª	22%	22%	0%	22%	22%	44%	22%	22%	22%	24%	22%	23%	24%	17%	23%	30%	24%	22%	22%	34%	20%	0%	1%	22%
3ª	22%	22%	22%	22%	22%	44%	11%	22%	25%	22%	22%	18%	22%	22%	30%	24%	26%	24%	27%	37%	11%	6%	10%	0%
4ª	22%	22%	22%	40%	22%	44%	0%	13%	22%	13%	22%	15%	10%	22%	22%	28%	26%	22%	41%	36%	6%	13%	6%	22%
5ª	22%	22%	3%	22%	0%	44%	10%	22%	22%	22%	22%	18%	22%	22%	44%	22%	40%	31%	38%	22%	22%	9%	2%	22%
6ª	22%	22%	9%	22%	22%	44%	7%	22%	22%	6%	22%	7%	22%	22%	22%	28%	22%	44%	22%	25%	22%	6%	16%	22%

BEB — % utilização do espaço

Dia \ Hora	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
2ª	6%	0%	0%	20%	20%	10%	20%	25%	41%	19%	41%	27%	20%	20%	39%	39%	23%	20%	19%	19%	20%	19%	21%	20%
3ª	5%	0%	9%	20%	24%	12%	22%	20%	26%	39%	41%	30%	32%	39%	34%	39%	30%	20%	20%	20%	40%	20%	22%	19%
4ª	10%	0%	20%	20%	20%	11%	41%	20%	22%	40%	40%	39%	41%	42%	39%	39%	21%	28%	21%	28%	39%	29%	23%	19%
5ª	9%	0%	4%	20%	20%	11%	20%	20%	38%	39%	41%	28%	22%	20%	40%	36%	23%	20%	20%	29%	39%	20%	33%	22%
6ª	20%	0%	20%	20%	20%	0%	20%	41%	31%	38%	39%	25%	41%	22%	27%	39%	29%	0%	19%	20%	40%	20%	37%	22%

Escoamento (agregado) — % utilização da capacidade de movimentação por hora

Dia \ Hora	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
2ª	58%	46%	51%	84%	83%	97%	93%	98%	99%	99%	100%	93%	81%	67%	96%	97%	69%	68%	91%	106%	83%	60%	77%	116%
3ª	52%	62%	84%	83%	98%	99%	99%	99%	100%	100%	99%	93%	94%	93%	97%	99%	80%	76%	84%	119%	98%	53%	74%	82%
4ª	50%	44%	85%	99%	84%	99%	98%	89%	90%	100%	100%	91%	87%	89%	89%	96%	64%	99%	94%	121%	96%	91%	95%	111%
5ª	51%	46%	65%	83%	59%	99%	86%	93%	97%	100%	96%	87%	76%	67%	99%	94%	94%	98%	98%	114%	92%	60%	75%	122%
6ª	61%	46%	67%	83%	83%	98%	82%	99%	83%	90%	97%	66%	91%	70%	87%	98%	82%	92%	93%	100%	91%	73%	98%	128%

Figura A.1: Vista do calendário-mestre. A página reúne filtros de consulta, indicadores agregados, a carga prevista por dia e hora e os mapas de utilização do espaço e da capacidade de escoamento.

STOCK ESTIMADO NO CAIS POR TIPOLOGIA (paletes)																								
Aproximação determinística: para cada hora, o escoamento total é alocado às tipologias proporcionalmente à sua carga relativa nessa hora.																								
MER+PETS — stock estimado (paletes no cais ao fim da hora)																								
Dia \ Hora	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
2ª	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	10
3ª	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	12	0	0	0
4ª	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	10	3	0	7
5ª	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	7	0	0	14
6ª	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18
DPH — stock estimado (paletes no cais ao fim da hora)																								
Dia \ Hora	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
2ª	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	5
3ª	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	8	0	0	0
4ª	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	9	7	6	10
5ª	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1	0	0	6
6ª	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
BEB — stock estimado (paletes no cais ao fim da hora)																								
Dia \ Hora	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
2ª	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	5
3ª	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	4	0	0	0
4ª	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	5	0	0	3
5ª	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	7
6ª	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8

Figura A.2: Stock estimado no cais por tipologia no final de cada hora. A simulação permite identificar períodos em que o ritmo de escoamento não absorve integralmente o volume recebido e em que permanecem paletes na zona de receção.

Dashboard de Fornecedores

Filtros

Tipologia

Todas

Tipo de fornecedor

TODOS

Incluir VST

SIM

Estado Fornecedor

ATIVO

Indicadores chave

Nr Fornecedores

328

Volume semanal

15600

% Volume total

100%

Camións completos

473

Rank

Fornecedor

Tipologia

Nr slots

Quantidade semanal

1

FORTISSUE - PROD DE PAPEL MP

DPH

REDISTRIBUÍVEL

1424

2

AGUAS DE S. MARTINHO - MP

BEB

FIXO

842

3

PROCTER & GAMBLE

DPH

FIXO

650

4

CEREALIS-PROD. ALIMENTARES

MER+PETS

FIXO

621

5

THE NAVIGATOR COMPANY LL MP

DPH

FIXO

612

6

ONTEX ID S.A.U. *MP*

DPH

REDISTRIBUÍVEL

584

7

BOLACHAS GULLON PT

MER+PETS

REDISTRIBUÍVEL

519

8

[ES] REFRESCO IBERIA

BEB

FIXO

473

9

SUMOL+COMPAL MARCAS

BEB

FIXO

466

10

PAMP-LAR *MP*

DPH

REDISTRIBUÍVEL

438

Perfil individual do fornecedor

Código fornecedor

456789

Nome fornecedor

Nuno

Atualizar dados do fornecedor

Adicionar fornecedor

Nome

Nuno

Tipologia

MER+PETS

Tipo

ATRIBUÍDO

Estado

Ativo

VST?

Não

Códigos irmãos

0

Nr de agendamentos

1

Quantidade semanal

33

Inativar fornecedor

Figura A.3: Dashboard de fornecedores. A página permite filtrar a carteira, consultar indicadores agregados, identificar os fornecedores com maior peso relativo e aceder ao perfil individual necessário para a respetiva atualização.

Adicionar novo fornecedor

Insira os dados, registre as disponibilidades aceites e selecione as janelas a criar.

1. Dados do fornecedor

Código: 1234 Nome do fornecedor: Teste

Tipologia: MER+PETS Nr Paletes: 66 N.º janelas: 2

Calculado automaticamente: uma janela por cada 33 paletes.

2. Disponibilidades de entrega

A. Seleccione os dias

☒ 2.ª ☐ 3.ª ☐ 4.ª ☐ 5.ª ☐ 6.ª

B. Defina um intervalo horário

Das: 00h às: 15h **Adicionar intervalo**

C. Intervalos registados

Dia: 2.ª Das: 00h Às: 15h

3. Possibilidades de atribuição

São apresentadas apenas janelas compatíveis com os intervalos registados.

2 janelas necessárias | 2 seleccionadas | 4 possibilidades viáveis

Sel.	Prior.	Dia	Hora	Turno	Utilização	Cap. residual	Agend. tip.
1	2.ª	01h	T3	46%	114 pal	66 pal	
2	2.ª	02h	T3	51%	57 pal	61 pal	
3	2.ª	00h	T3	59%	88 pal	82 pal	
4	2.ª	13h	T1	67%	54 pal	54 pal	

As melhores alternativas são pré-seleccionadas. Pode substituí-las manualmente.

Seleção concluída. Pode confirmar o registo do fornecedor.

Cancelar Confirmar

Figura A.4: Formulário de integração de novos fornecedores. A partir do volume semanal e das disponibilidades registadas, o sistema calcula o número de janelas necessário e apresenta as alternativas viáveis ordenadas segundo a pressão operacional e a capacidade residual.

Alterar dados do fornecedor

Selecione um fornecedor e indique o novo volume semanal. O sistema ajusta as janelas necessárias.

1. Selecionar fornecedor

Fornecedor: 456789 - Nuno

Escrever o código ou o nome e seleccionar uma opção.

2. Dados e alteração pretendida

Código: 456789 Nome do fornecedor: Nuno Tipologia: MER+PETS

Paletes atuais: 33 Novas paletes: 33 Janelas atuais: 1 Novas janelas: 1

Substituição simples: será desativada uma janela atual e criada uma nova janela ativa.

3. Janela atual a substituir

A janela assinalada será desativada apenas depois de confirmar a substituição.

Sel.	Prior.	Dia	Hora	Turno	Qtd.	Utilização	Agend.
1	3.ª	01h	T3	33 pal	62%	99 pal	

4. Nova janela de substituição

Registe as disponibilidades aceites. São apresentadas apenas alternativas com capacidade suficiente.

Dias: ☒ 2.ª ☒ 3.ª ☒ 4.ª ☒ 5.ª ☒ 6.ª

Das: 00h às: 15h **Adicionar intervalo** **Remover** **Limpar**

Sel.	Pr.	Dia	Hora	Turno	Util.	Res.	Agend.
1	6.ª	11h	T1	66%	57 pal	58 pal	
2	2.ª	13h	T1	67%	54 pal	54 pal	
3	5.ª	13h	T1	67%	54 pal	46 pal	
4	6.ª	13h	T1	70%	50 pal	48 pal	
5	5.ª	12h	T1	76%	40 pal	58 pal	

As alternativas com menor utilização ficam pré-seleccionadas. Pode substituí-las manualmente.

Cancelar substituição Com o mesmo número de janelas, pode seleccionar uma janela atual e substituí-la por outra com capacidade disponível.

Seleção concluída. Pode confirmar a substituição da janela.

Cancelar Confirmar alteração

Figura A.5: Formulário de alteração de fornecedores. A vista ilustra a substituição de uma janela atual por uma alternativa compatível, mantendo visíveis a utilização prevista, a capacidade residual e a ocupação já agendada para a mesma tipologia.