

Reestruturação do *Supply Network Plan* numa Empresa de Painéis Derivados de Madeira

Rui Fernando Teixeira da Silva Macedo

Dissertação de Mestrado

Orientador na FEUP: Prof. Luís Filipe Ribeiro do Santos Guimarães



Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial

2019-07-01

Ao meu avô, Joaquim Ribeiro da Silva Macedo

Resumo

Ao longo dos últimos anos, o aumento da complexidade associada à gestão da cadeia de abastecimento potenciou a necessidade de criação de processos de planeamento a médio e longo prazo, como é o caso do *Sales and Operations Planning*. Paralelamente, as tecnologias de informação acompanharam esta evolução, estando agora integradas em todas as etapas desses processos.

A motivação do projeto desta dissertação surge com a implementação de uma ferramenta de optimização do plano de produção e abastecimento numa empresa de painéis derivados de madeira. Esta implementação visou colmatar as ineficiências do processo de gestão da cadeia de abastecimento, utilizando para esse efeito um algoritmo de optimização. A criação do plano de abastecimento a médio prazo está integrada no ciclo de S&OP mensal da empresa.

Este trabalho propõe-se a validar o funcionamento do optimizador adquirido, reestruturando os dados existentes e implementando melhorias, tendo como objetivo último o aumento da margem de contribuição dos distintos cenários propostos pela ferramenta.

A parametrização de novas entidades, fluxos e custos na estrutura de dados do optimizador resultaram num aumento da margem de contribuição prevista em relação à condição inicial, bem como na validação da pertinência da utilização desta ferramenta no processo de S&OP.

Reshaping the Supply Network Plan in a Wood-based Panel Company

Abstract

Over the last few years, the increased complexity associated with supply chain management has fostered the need for medium and long-term planning processes, such as Sales and Operations Planning. At the same time, information technologies have followed this trend and are now integrated in all stages of those processes.

The motivation for this master thesis' project arises from the implementation of an optimization tool for the production and supply plan in a wood-based panel company. This implementation aimed to address the inefficiencies of the supply chain management process, using an optimization algorithm. The creation of the medium-term supply plan is integrated in the company's monthly S&OP cycle.

This paper proposes to validate the acquired supply planning optimizer, while restructuring the existent data and implementing improvements, with the ultimate goal of increasing the contribution margin of the scenarios it recommends.

The parameterization of new entities, flows and costs in the optimizer data structure resulted in an increased contribution margin when comparing to the initial condition, as well as the validation of the optimizer's relevance in the S&OP process.

Agradecimentos

Em primeiro lugar, gostaria de manifestar o meu agradecimento ao Eng^o Gonçalo Duarte por me ter proporcionado a oportunidade de realizar a minha dissertação na empresa Sonae Arauco. Por todos os conhecimentos transmitidos, pela paciência demonstrada e pelo acompanhamento constante, muito obrigado.

Estendo este agradecimento a toda a equipa de *supply chain* da Sonae Arauco presente na Maia, por todo o auxílio prestado, pela boa disposição e pelo carinho com que me acolheram. Foram, sem dúvida, essenciais para o sucesso deste projeto. Gostaria ainda de endereçar um especial obrigado à Filipa Martins da equipa de *IT*, pelos contributos incansáveis e por toda a ajuda nas questões relacionadas com o funcionamento da ferramenta.

Ao Professor Luís Guimarães, agradeço particularmente por me ter orientado nos momentos mais difíceis deste projeto. Por todos os contributos, por todos os desafios e pela disponibilidade demonstrada em ajudar-me em qualquer momento, obrigado.

À minha namorada, gostaria de agradecer a paciência, carinho e serenidade transmitida durante todo o período deste projeto.

Por fim, agradeço especialmente ao meu pai, à minha mãe e à minha irmã, pelo apoio incondicional em todos os momentos da minha vida, e por sempre me terem fornecido o suporte e o apoio necessário para atingir os meus objetivos.

A todos, muito obrigado!

Índice de Conteúdos

1	Introdução	1
1.1	Enquadramento do Projeto e Motivação	1
1.2	Contextualização da Empresa Sonae Arauco	2
1.2.1	História.....	2
1.2.2	Produtos	2
1.2.3	Distribuição Geográfica das Unidades Industriais	3
1.2.4	Mercados	3
1.2.5	<i>Supply Chain</i> na Sonae Arauco.....	4
1.3	<i>Sales and Operations Planning</i> na Sonae Arauco	5
1.3.1	Processo.....	5
1.3.2	Intervenientes	6
1.3.3	Ferramenta de Optimização do Plano de Produção e Abastecimento	7
1.4	Objetivos do Projeto	7
1.5	Método Seguido no Projeto.....	8
1.6	Estrutura da dissertação	8
2	Revisão da Literatura	9
2.1	<i>Sales and Operations Planning</i>	9
2.1.1	Definição.....	9
2.1.2	Processo.....	9
2.1.3	Intervenientes	11
2.1.4	Frequência do S&OP	11
2.1.5	Horizonte Temporal	11
2.1.6	Nível de Planeamento.....	11
2.1.7	Complexidade na Cadeia de Valor	11
2.1.8	Novas Tecnologias no S&OP	12
2.2	<i>Advanced Planning</i>	12
2.2.1	<i>Planning</i>	12
2.2.2	<i>The Supply Chain Planning Matrix</i>	13
2.2.3	<i>Advanced Planning Systems</i>	14
3	<i>Rough Cut Capacity Planning</i>	17
3.1	<i>SAP Integrated Business Planning for Response and Supply</i>	17
3.1.1	Modos de Funcionamento do Optimizador	17
3.1.2	Restrições de Planeamento.....	18
3.1.3	Função Objetivo.....	19
3.2	Horizonte Temporal de Planeamento.....	19
3.3	Nível de Planeamento.....	20
3.4	Estrutura do SAP IBP.....	21
3.5	<i>Outputs</i> do Optimizador e Validação.....	22
3.6	Modelo Matemático.....	23
3.7	Identificação do Problema.....	27
4	Reestruturação do <i>Response & Supply</i> na Sonae Arauco	28
4.1	Estrutura de Clientes de Exportação.....	28
4.1.1	Novas Combinações Fábrica / Produto / Cliente	29
4.1.2	Parametrização dos Novos Grupos de Clientes de Exportação	29
4.2	Estrutura de Clientes <i>Trade</i> na Região SWE e Novo Centro de Distribuição	33
4.2.1	Novas Combinações Fábrica / Produto / Cliente	33
4.2.2	Parametrização do Novo Centro de Distribuição para Clientes <i>Trade</i>	36
4.2.3	Resultados Esperados da Parametrização do Novo Centro de Distribuição	39
5	O Valor da Reestruturação	40

5.1	Indicadores de Performance dos Planos Gerados.....	40
5.2	Cenários Criados no SAP IBP.....	40
5.2.1	Descrição dos Cenários.....	41
5.3	Análise dos Resultados.....	42
6	Conclusões, Propostas de Melhoria e Trabalho Futuro.....	45
	Referências	47
ANEXO A:	Dados Mestre da Ferramenta SAP IBP.....	49
ANEXO B:	Exemplos de <i>Outputs</i> do SAP IBP	52

Índice de Figuras

Figura 1 - Tipos de Produto Base	3
Figura 2 - A Sonae Arauco no Mundo.....	4
Figura 3 - Exemplo de Cadeia de Abastecimento.....	4
Figura 4 - Processo de S&OP na Sonae Arauco.....	6
Figura 5 - Matriz RACI do Processo de S&OP na Sonae Arauco	7
Figura 6 - Processo de S&OP Tradicional	10
Figura 7 - <i>The Supply Chain Planning Matrix</i> (Fleischmann, Meyr, and Wagner 2008).....	14
Figura 8 - Módulos de <i>software</i> na <i>SCP-Matrix</i>	15
Figura 9 - Processos de Planeamento na Sonae Arauco.....	20
Figura 10 - Agregação de Produtos na Sonae Arauco	20
Figura 11 - Agregação de Clientes na Sonae Arauco.....	21
Figura 12 - Exemplo da Reestruturação de Clientes de Exportação.....	28
Figura 13 - Separação de Clientes em <i>Trade</i> e Industrial	33
Figura 14 - Percentagem de Produtos no Centro de Distribuição	34
Figura 15 - Rácio de Fornecimento entre Fábricas/Centros de Distribuição	35
Figura 16 - Rácio de Fornecimento entre Fábricas e Clientes	35
Figura 17 - Análise dos Cenários Criados	43
Figura 18 - <i>Output</i> : Análise de Quantidade Procurada vs. Quantidade Fornecida	52
Figura 19 - <i>Output</i> : Análise de Stocks	53
Figura 20 - <i>Output</i> : Análise de Capacidade Produtiva Utilizada.....	53

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Distribuição de Produtos por Fábrica SWE	3
Tabela 2 - Validação Habitualmente Realizada ao Plano Gerado pelo Optimizador	23
Tabela 3 - Nova Estrutura de Clientes de Exportação	29
Tabela 4 - Custos de Transporte Inseridos para Clientes de Exportação	30
Tabela 5 - Custos Comerciais para Clientes de Exportação	31
Tabela 6 – Exemplificação do Funcionamento da Variação Máxima da Quantidade Fornecida em Relação à Procura para Clientes de Exportação	32
Tabela 7 - Custos de Transporte desde o Centro de Distribuição para os Clientes.....	36
Tabela 8 - Custos de Transporte das Fábricas para o Centro de Distribuição.....	37
Tabela 9 - Custo Comercial Associado a Clientes <i>Trade</i>	37
Tabela 10 - Cenários Criados no SAP IBP	41
Tabela 11 - Rácios de Fornecimento Mantidos no Cenário 3.....	42
Tabela 12 - Comparação de Resultados entre Cenários.....	42
Tabela 13 – Descrição dos Dados Mestre da Ferramenta SAP IBP	49

1 Introdução

Ao longo dos últimos anos tem-se verificado uma crescente complexidade associada aos vários sectores de atividade. Tomando o exemplo da indústria transformadora, existem cada vez mais produtos com diferentes especificações ou personalizações, mais entidades logísticas como centros de distribuição, linhas de produção ou armazéns, maiores constrangimentos ao nível das capacidades de armazenagem e, em cima de tudo isto, torna-se cada vez mais difícil prever o comportamento dos mercados a longo prazo, ou quais as suas reações face determinados estímulos. Por isso, surgiu a necessidade de criar um processo que integrasse todas estas decisões por parte de diferentes agentes dentro de um negócio e permitisse monitorizar e rever o planeamento a longo prazo, regularmente. Nasceu, assim, o Sales and Operations Planning (S&OP).

À medida que o processo de S&OP foi evoluindo, a complexidade do mercado aumentando e a previsibilidade diminuindo, surgiu ainda a necessidade de otimizar a criação dos planos de negócio provenientes deste processo, através da utilização de ferramentas de planeamento avançado que permitissem às organizações calcular e prever os impactos de uma qualquer decisão tomada. Sendo assim, diversas organizações apostam, hoje em dia, em sistemas integrados complexos de planeamento e gestão do negócio, que otimizam os planos de vendas e operações a longo a prazo, tendo como base, por exemplo, os custos, rendimentos, fluxos, restrições do mercado e cenários *what-if*.

Como consequência dos factos supramencionados, a empresa Sonae Arauco implementou recentemente um processo de S&OP e adquiriu ainda uma ferramenta de planeamento de negócio que possui integrado um algoritmo otimizador do plano de fornecimento e abastecimento aos seus clientes e das atividades nas suas unidades industriais e de distribuição. Esta ferramenta chama-se *SAP Integrated Business Planning for Response & Supply*.

No âmbito da realização da dissertação de mestrado para a conclusão do Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, foi realizado um projeto na empresa Sonae Arauco que visa a validação e melhoria do funcionamento do otimizador adquirido.

1.1 Enquadramento do Projeto e Motivação

O projeto de dissertação descrito no presente documento teve a duração de 4 meses e foi realizado no departamento de *supply chain* da empresa Sonae Arauco, na sede corporativa da empresa situada na Maia, em Portugal.

A Sonae Arauco adquiriu recentemente uma ferramenta de otimização do plano de produção e fornecimento realizado em contexto de S&OP, e o projeto de dissertação aqui descrito visa a análise e validação do funcionamento do otimizador implementado, tendo como âmbito a realização desses planos para as unidades industriais da Península Ibérica a médio prazo (3 meses).

O processo de *Sales and Operations Planning* na Sonae Arauco também é relativamente recente, pelo que a validação desta nova ferramenta é de relevante importância para a empresa. Aliado a este facto, a estrutura da cadeia de abastecimento da Sonae Arauco encontra-se em evolução. Novas entidades logísticas foram parametrizadas na ferramenta de optimização, carecendo esta nova estrutura de uma análise cuidada e respetiva validação.

1.2 Contextualização da Empresa Sonae Arauco

1.2.1 História

A Sonae Arauco é uma empresa que resulta de uma parceria entre as empresas Sonae Indústria e Arauco.

Com mais de 50 anos de história, a Sonae Indústria é um dos maiores produtores mundiais de painéis derivados de madeira. Foi fundada em 1959 na Maia, e comercializa produtos para mobiliário, construção e decoração. Atualmente detém a maior unidade industrial de aglomerado de partículas na América do Norte.

A Arauco nasceu em 1970 no Chile e tem como missão produzir e gerir recursos florestais renováveis. É também uma das maiores empresas do mundo no mercado da pasta de papel e dos painéis derivados de madeira. Está presente em mais de 75 países.

A Sonae Arauco nasce, então, em 2016, fruto de uma parceria estratégica entre a Sonae Indústria e a Arauco. É uma empresa que se dedica à produção de painéis derivados da madeira para mobiliário, decoração e construção. Atualmente, a Sonae Arauco está presente comercialmente em mais de 75 países e possui fábricas e centros de distribuição em Portugal, Alemanha, Espanha, Reino Unido e África do Sul. Com cerca de 3000 funcionários em todo o mundo e 4.200 milhões de m³ de capacidade de produção anual, a Sonae Arauco é, sem dúvida, uma referência mundial no seu mercado (Sonae Arauco 2019).

1.2.2 Produtos

A Sonae Arauco goza de um portefólio vasto com diversos produtos no ramo dos derivados de madeira, que se dividem entre painéis base e painéis revestidos.

Os produtos base da Sonae Arauco são o MDF (*Medium Density Fiberboard*), o PB (*Particleboard*) e o OSB (*Oriented Strand Board*). Estes produtos são utilizados maioritariamente em mobiliário e decoração, exceto o OSB que também é utilizado no ramo da construção.

Na parte dos painéis revestidos, a Sonae Arauco produz e comercializa maioritariamente MFC (*Melamine Faced Chipboard*) e MFMDf (*Melamine Faced MDF*) que são, respetivamente, painéis de PB e MDF revestidos por uma folha de papel melamínico com um motivo decorativo, fornecendo aos painéis base distintos acabamentos. Relativamente a estes produtos, a empresa conta com mais de cento e cinquenta tipos de decorativos diferentes e mais de trinta acabamentos distintos.

Ainda dentro da gama dos painéis revestidos, a empresa produz WV (*Wood Veneer*) que consiste numa placa base revestida com uma fina folha de madeira que confere um acabamento diferente do papel melamínico.

A Figura 1 demonstra os três tipos de produto base fabricados na empresa.

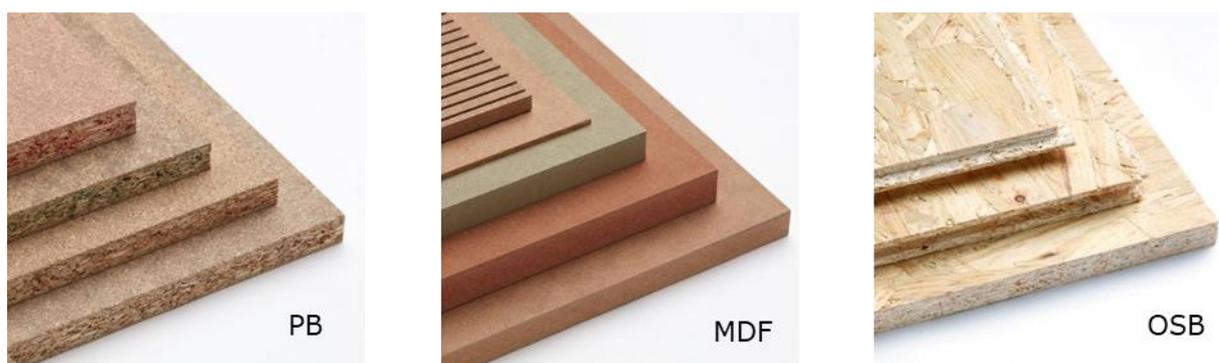


Figura 1 - Tipos de Produto Base

1.2.3 Distribuição Geográfica das Unidades Industriais

Sendo uma empresa multinacional com negócios em todo o mundo, a Sonae Arauco possui unidades de produção e distribuição em vários países, e divide-se internamente em três regiões: SWE (*Southwest*), NEE (*Northeast*) e SAF (*South Africa*).

Somando todas as regiões acima mencionadas, a Sonae Arauco conta com dez unidades industriais de produção de placas derivadas de madeira.

Na região SWE, que é a região que está no âmbito desta dissertação, existem quatro principais fábricas: Mangualde, Oliveira do Hospital, Valladolid e Linares, sendo que as primeiras duas são em Portugal e as últimas duas em Espanha.

As produções relativas a cada uma das fábricas estão identificadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Distribuição de Produtos por Fábrica SWE

Fábrica	PB	MDF	MFC	MF MDF	WV
Linares	X		X	X	
Mangualde		X			X
Oliveira do Hospital	X		X	X	
Valladolid		X	X	X	

1.2.4 Mercados

A Sonae Arauco é uma empresa com um *background* muito forte em termos de internacionalização, vendendo os seus produtos em mais de 75 países.

Internamente, a empresa divide os seus mercados em quatro grandes grupos: SWE, NEE, SAF e Exportação. Os clientes SWE, SAF e NEE são normalmente fornecidos pelas unidades industriais que figuram no seu espaço geográfico, enquanto que a região de clientes de Exportação é fornecida pelas unidades industriais da península Ibérica.

No contexto do projeto associado a esta dissertação só serão analisados os mercados SWE e Exportação.

Na Figura 2 está representada a presença internacional da Sonae Arauco.



Figura 2 - A Sonae Arauco no Mundo

1.2.5 *Supply Chain* na Sonae Arauco

A gestão do departamento de *supply chain* está centralizada em Portugal e coordena todas as atividades relacionadas com a produção, logística, transportes e planeamento. É neste contexto que nasce a necessidade do projeto de dissertação retratado neste documento.

Atualmente, a empresa possui dez unidades de produção de painéis derivados da madeira em quatro países diferentes, vários armazéns de distribuição na Europa, e está em fase de implementação de um novo centro de distribuição na Península Ibérica.

Uma parte das matérias-primas utilizadas para a fabricação das placas é produzida noutras unidades fabris em Portugal (como é o caso das resinas utilizadas para fabricar o produto base que dá origem ao MDF), enquanto que outra parte é comprada a fornecedores externos.

Na Figura 3 está representado um exemplo de uma estrutura da cadeia de abastecimento que é comparável ao da Sonae Arauco.

Deste modo, a empresa necessita de ter um processo de gestão de negócio integrado que coordene todos estes fluxos logísticos internos e externos. Esta foi uma das razões que levou à implementação do *Sales and Operations Planning (S&OP)*.

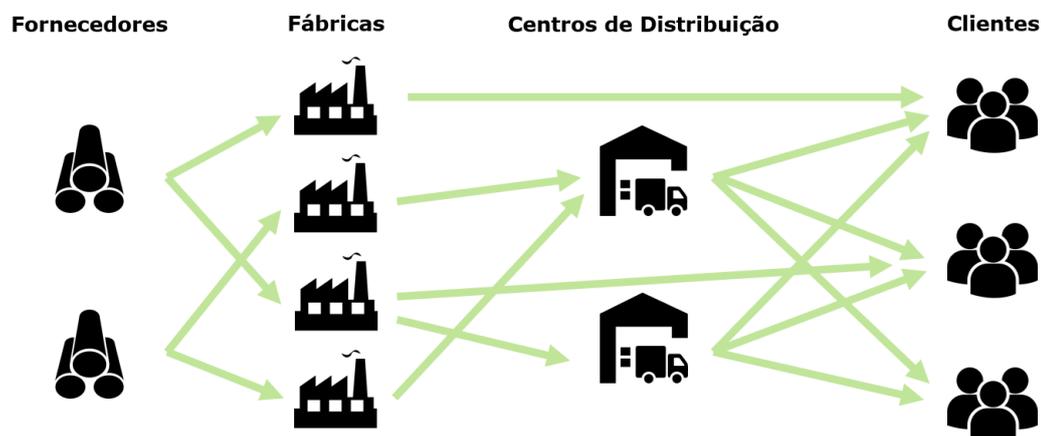


Figura 3 - Exemplo de Cadeia de Abastecimento

1.3 *Sales and Operations Planning* na Sonae Arauco

A Sonae Arauco implementou recentemente o processo de S&OP para fazer face à complexidade acrescida que o seu negócio tem vindo a gerar. Deste modo, faz sentido analisar todo o ciclo de S&OP na empresa, bem como os seus intervenientes, *inputs* e métricas.

1.3.1 Processo

O S&OP é um processo de apoio à decisão que visa balancear a procura e a oferta, integrar o planeamento financeiro e das operações, e fazer a ligação entre planos estratégicos e as operações do dia-a-dia (Apics 2012). Este processo integrado de negócio visa alinhar e manter alinhados os objetivos comerciais, financeiros e de produção de uma empresa.

Na Sonae Arauco, o S&OP divide-se em quatro principais fases:

Demand Review

O ciclo de S&OP na Sonae Arauco começa do lado do departamento comercial que recolhe, analisa e valida os dados históricos de vendas, gerando uma previsão estatística das mesmas a três meses com um mês de intervalo. Ou seja, no exercício do ciclo de S&OP realizado no mês de maio foram feitas previsões para os meses de julho, agosto e setembro. Todo o processo descrito é realizado pelo *demand planner* com o apoio da ferramenta de planeamento analisada neste documento.

De seguida, essa mesma pessoa (que é responsável pelo S&OP no departamento comercial) recolhe os comentários e as previsões dos vendedores e diretores comerciais, bem como as suas próprias previsões para o período em questão. Consequentemente, e tendo em conta todos estes *inputs*, é gerada uma previsão de vendas sem restrições, não tendo em conta a capacidade produtiva ou de armazenamento da empresa.

Por fim, existe uma reunião, chamada *Demand Review*, em que participam o *demand planner*, os diretores comerciais e o responsável pelo S&OP na empresa, onde se valida um único conjunto de números e previsões (chamado *Consensus*) que guiará o exercício do S&OP desse mês nas fases seguintes do processo.

Supply / Demand Gap

Após a primeira fase e tendo já a quantidade de vendas prevista para os meses seguintes, é necessário ajustar esses mesmos números à realidade da cadeia de abastecimento da empresa.

Neste contexto, a equipa de *supply chain* elabora um *rough cut capacity plan*, que se trata de um plano de fornecimento guiado pelos números das previsões de vendas resultantes da fase anterior do processo. Neste plano são tidos em consideração os níveis de *stock* pretendidos em cada uma das unidades industriais e de distribuição, e são ajustados os valores de produtividade e capacidade produtiva previstos para o horizonte temporal definido. Em consequência, produz-se um plano cujo objetivo é alocar os volumes de procura previstos anteriormente a recursos produtivos ou logísticos. Toda esta análise é feita ao nível agregado de produto, cliente e recurso. É nesta fase que se realizará o trabalho previsto no contexto desta dissertação.

Após a geração deste plano de abastecimento, é feita uma reunião em que se avaliam as quantidades que ficaram por alocar e as razões desse facto, e se determinam e aprovam as alterações a fazer ao mesmo.

Pre-S&OP Meeting

De seguida, realiza-se uma reunião onde se analisam os detalhes do negócio para o período em questão. Estão presentes os responsáveis do departamento comercial, *supply chain*, financeiro, de marketing e de produção de todas as regiões onde a empresa atua. Nesta fase do processo discutem-se, por exemplo, os volumes que ficarão por entregar, novos produtos a desenvolver ou mercados a apostar. Por fim, elaboram-se cenários e situações *what-if* para apresentar aos quadros de chefia da empresa na fase seguinte, sendo o objetivo final a tomada de decisão informada e fundamentada. Estes cenários podem ser bastante distintos entre si. Por exemplo, podem ser apresentados cenários que premiem certos grupos de clientes ou produtos, que forcem paragens de manutenção em certas linhas de produção, ou que restrinjam as capacidades de armazenagem. Mediante os resultados previstos para cada uma destas situações distintas, são tomadas as decisões estratégicas na fase seguinte do processo.

Executive Review

Finalmente, existe uma reunião final com o comité executivo denominada *Executive Meeting*, onde se tomam decisões relativas aos meses seguintes com base no plano criado no contexto de S&OP e nos cenários apresentados para discussão. Nesta fase do processo olham-se para alguns indicadores de performance, níveis de ocupação das linhas produtivas, dias de paragem planeados, analisam-se os *gaps* entre procura e oferta e escolhe-se e aprova-se o melhor plano para o horizonte temporal que se pretendeu planear.

A Figura 4 ilustra todo o processo de S&OP da Sonae Arauco descrito acima.

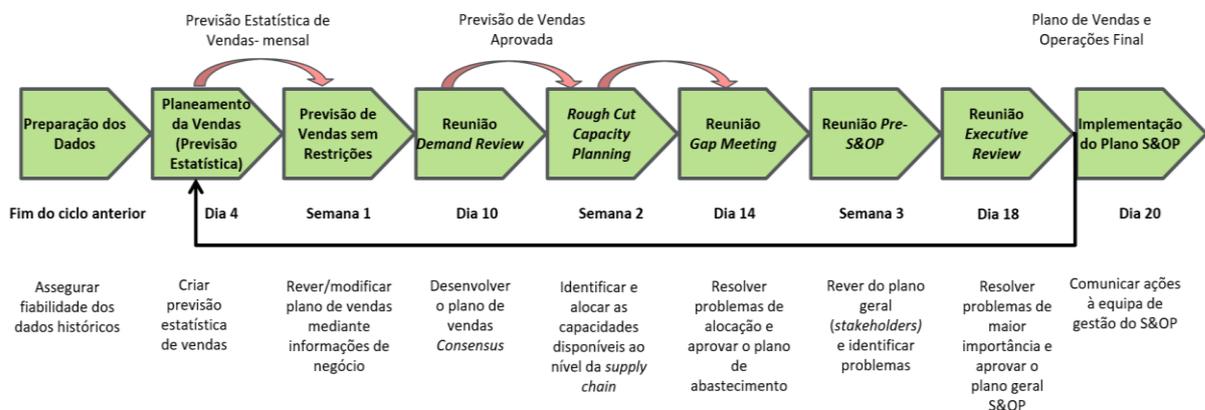


Figura 4 - Processo de S&OP na Sonae Arauco

1.3.2 Intervenientes

Os intervenientes do processo de S&OP na Sonae Arauco são muitos e dependem de etapa para etapa. Na matriz RACI da Figura 5 estão identificadas todas as pessoas que participam em cada uma das fases, bem como a sua responsabilidade para com os entregáveis dessa mesma etapa. Por exemplo, na fase da criação da previsão estatística de vendas e preparação dos dados, a responsabilidade está do lado do *demand planner*, enquanto que na reunião final com a comissão executiva da empresa, a responsabilidade da tomada de decisão pertence ao CEO.

Na Sonae Arauco, as pessoas que participam mais ativamente no processo de S&OP da empresa são o *S&OP manager*, o *demand planner* e o *supply planner*. Estas três pessoas estão presentes praticamente ao longo de todo o processo, desde a fase de previsão de vendas até à reunião final com o comité executivo da empresa.

Adicionalmente, outras pessoas com cargos distintos dos apresentados poderão ser chamadas a participar em alguma destas fases do S&OP, mediante a relevância da informação que possam acrescentar ao processo.

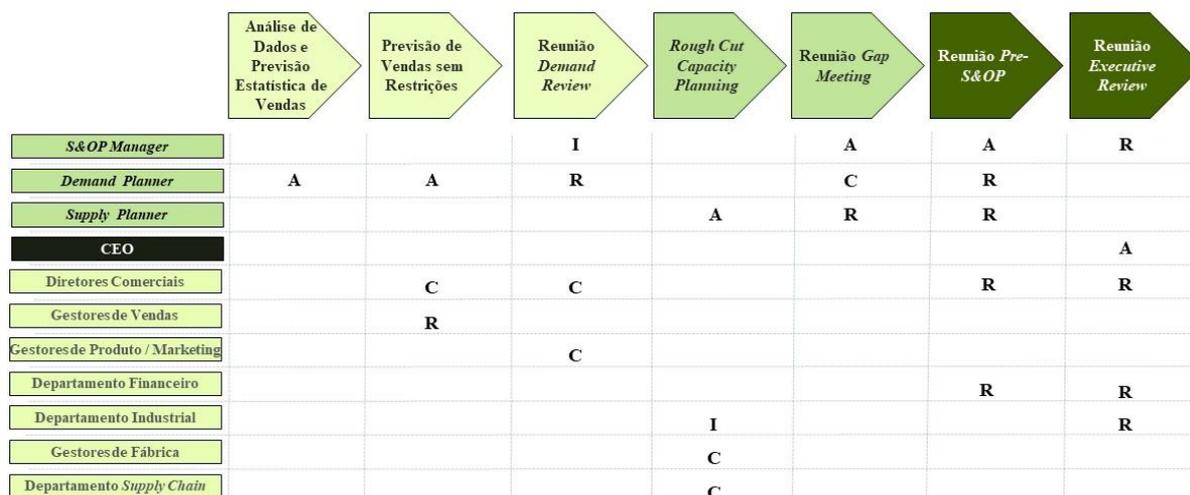


Figura 5 - Matriz RACI do Processo de S&OP na Sonae Arauco

Legenda da matriz RACI:

- A – *Accountable*: Possui a autoridade e podem-lhe ser imputadas as consequências do incumprimento para com o entregável. Existe apenas um “A” por etapa.
- R – *Responsible*: Tem o dever e a responsabilidade de executar a tarefa.
- C – *Consulted*: Deve ser consultado antes da finalização da etapa, podendo influenciar os planos gerados.
- I – *Informed*: Deve ser informado do progresso e das decisões-chave.

1.3.3 Ferramenta de Optimização do Plano de Produção e Abastecimento

Aliado ao processo de S&OP, a Sonae Arauco adquiriu recentemente uma ferramenta que possui integrado um algoritmo de optimização do plano de produção e abastecimento gerado na fase do *rough cut capacity planning*. Este optimizador permite definir o melhor plano possível, mediante as restrições inseridas na ferramenta pelos utilizadores.

O optimizador em questão tem em consideração os detalhes mais relevantes para o negócio, permitindo obter o melhor plano possível para os parâmetros que foram definidos. No capítulo 3 encontra-se detalhado e explicado o funcionamento deste optimizador.

1.4 Objetivos do Projeto

O principal objetivo desta dissertação é analisar e validar o funcionamento de uma ferramenta de optimização na geração dos planos de produção e abastecimento da empresa Sonae Arauco, inserido no contexto e no processo de S&OP que a empresa recentemente implementou. O objetivo deste optimizador é automatizar a execução do plano de produção e abastecimento a três meses ao nível de cliente/produto/fábrica, maximizando a margem de contribuição.

A análise e validação dos dados inseridos e provenientes da ferramenta é de elevada importância para a Sonae Arauco, visto que o *supply plan* a três meses é gerado através da mesma.

Adicionalmente, a identificação de oportunidades de melhoria do processo e as suas respetivas implementações e confirmações constituem outra das finalidades associadas ao projeto descrito nesta dissertação.

1.5 Método Seguido no Projeto

Para a realização deste projeto, foram definidas diferentes etapas com objetivos diversos. Numa primeira fase, foi feita uma contextualização da empresa ao autor deste documento, com visitas às fábricas em Portugal e explicação do processo produtivo dos vários materiais comercializados pela Sonae Arauco. De seguida, apresentou-se o processo de S&OP e explicou-se o funcionamento e a finalidade da ferramenta a analisar, integrada nesse mesmo processo. Desde o primeiro momento existiu a integração do autor no exercício de S&OP, permitindo uma aprendizagem prática da estrutura e finalidade do mesmo.

Numa segunda fase, foi feito um estudo do S&OP e do funcionamento do otimizador, através de diversas pesquisas bibliográficas. O objetivo nesta fase foi compreender a estrutura dos dados inseridos no otimizador, bem como a função objetivo do mesmo. De seguida, e com o apoio do departamento de controlo de gestão, *IT* e *supply chain*, foram parametrizadas as alterações desejadas na ferramenta, considerando as informações de negócio relevantes para esta ação.

Numa última fase, e após a reestruturação dos dados do otimizador, foram criados cenários derivados da versão produtiva utilizada na empresa, e inferiram-se conclusões acerca do funcionamento e das oportunidades de melhoria existentes em todo o processo.

Durante todo o período do projeto, o autor desta dissertação participou na criação do plano de produção e abastecimento a três meses gerado pelo otimizador, integrado no processo de S&OP da empresa.

1.6 Estrutura da dissertação

Após a contextualização da empresa e do respetivo processo de S&OP presentes neste capítulo, foi feita uma revisão da literatura acerca da definição e do processo de *Sales and Operations Planning*, bem como das novas tecnologias associadas a este planeamento. No seguimento dessa abordagem, foram resumidas algumas definições e conceitos-chave relativos a sistemas de planeamento avançados (*advanced planning systems*) globalmente reconhecidos por um universo de autores.

No capítulo 3 realizou-se uma descrição detalhada do otimizador adquirido pela Sonae Arauco, ou seja, dos diferentes modos de funcionamento da ferramenta, das restrições de planeamento parametrizadas e da função objetivo. A secção 3.6 descreve o modelo matemático que está na base do algoritmo do otimizador, e que foi inferido do funcionamento do mesmo.

No capítulo 4 encontra-se descrita a reestruturação dos dados efetuada na ferramenta, bem como todos os parâmetros que foram inseridos na sua estrutura de dados.

Para analisar esta reestruturação, geraram-se cenários em que se alteraram diferentes parâmetros da ferramenta, com o objetivo de avaliar os efeitos desta alteração no funcionamento do otimizador. Esta análise encontra-se descrita no capítulo 5 deste documento.

Por fim, o capítulo 6 apresenta as conclusões retiradas de todo o processo descrito nos parágrafos anteriores, bem como algumas propostas de melhoria e trabalho futuro no que concerne a manutenção e validação da ferramenta de otimização.

2 Revisão da Literatura

Com a introdução do conceito de S&OP surgiu a necessidade de descrever as posições de diversos autores relativamente a este processo, bem como os pontos de divergência e as noções distintas que cada um destes defende. Deste modo, foi feita uma revisão da literatura onde se define o S&OP, se descrevem as diferentes etapas que o compõe e se explicam alguns parâmetros necessários para um planeamento de sucesso.

De forma complementar, apresenta-se igualmente uma revisão dos conceitos de planeamento e de sistemas de planeamento avançado, que permite compreender as finalidades e funcionalidades da ferramenta de optimização adquirida.

2.1 *Sales and Operations Planning*

2.1.1 Definição

O S&OP foi criado nos anos '80 por Dick Ling (Ling and Coldrick 2009) e representa um processo de planeamento que visa integrar diferentes funções dentro de uma empresa, e coordenar diferentes visões, objetivos e restrições (Affonso, Marcotte, and Grabot 2008).

O processo de S&OP tem como objetivo o desenvolvimento de planos táticos que proporcionam a capacidade de direcionar estrategicamente o negócio, obtendo vantagens competitivas contínuas e integrando planos de marketing focados no cliente e no produto com a gestão da *supply chain*. O processo reúne todos os planos para o negócio (vendas, marketing, desenvolvimento, produção e financeiro) num único conjunto integrado de planos (Shedlawski 2016).

A visão do S&OP é suportar o crescimento e a capacidade de resposta ao mesmo tempo que se reduzem custos e investimentos através de tomadas de decisões regulares e atempadas, transparência e alinhamento em toda a organização (Holm, Skjødt, and Gudum 2014).

2.1.2 Processo

O processo de S&OP tradicional é composto por cinco passos. Primeiro, o departamento comercial reúne-se com o objetivo de criar uma previsão base de vendas no longo prazo sem ter em consideração as restrições de produção da empresa, incluindo apenas como única limitação a quantidade de procura do mercado, ou seja, toda a quantidade que poderia ser vendida aos clientes. Esta previsão é ajustada posteriormente considerando todas as informações relativas a promoções ou antecipações a comportamentos de mercado. Deste processo resulta uma previsão sem restrições da procura que existirá no horizonte planeado (Grimson and Pyke 2007).

Para Grimson e Pyke (2007), o segundo passo envolve pré-reuniões com a equipa de operações. Enquanto a equipa comercial desenvolve as suas previsões de vendas a longo prazo, a equipa de operações trata de reunir informação acerca da estratégia pretendida para a

cadeia de abastecimento em termos de inventário, capacidades produtivas e logísticas. O objetivo desta fase é criar um plano de abastecimento que cumpra os requisitos das previsões de vendas criadas anteriormente. Para muitos autores, este plano denomina-se *rough cut capacity plan*.

Em terceiro lugar, a equipa do S&OP reúne-se formalmente para desenvolver um plano operacional final para o período temporal considerado. Esta equipa deve conter elementos com diferentes funções dentro da organização, pertencentes ao departamento comercial, marketing, operações e financeiro.

Em quarto lugar, e depois do plano de negócio estar aprovado por todas as partes, implementa-se e generaliza-se esse mesmo plano a todos os departamentos envolvidos. Normalmente, esta implementação começa no departamento comercial e nas operações.

Por fim, devem medir-se os resultados e eficiência do plano gerado pelo processo de S&OP, sendo este passo de crucial importância, tanto para a fase de implementação como para a melhoria contínua do processo. A Figura 6 demonstra o processo tradicional de S&OP.

Segundo Lapide (2004a), existem doze fatores para que um processo de S&OP seja bem-sucedido:

- Reuniões constantes que permitam o acompanhamento do plano gerado;
- Agendas estruturadas para cada uma das reuniões;
- Trabalho previamente desenvolvido que suporte os *inputs* nas reuniões;
- Participação de elementos de diversas funções;
- Uma organização responsável capaz de liderar um processo disciplinado;
- Um processo colaborativo interno com objetivo de chegar ao consenso entre todas as partes;
- Uma previsão de vendas sem enviesamentos;
- Um planeamento conjunto da procura e oferta que assegure o balanceamento;
- Medidas indicadoras de performance;
- Tecnologia de suporte ao planeamento de vendas e operações;
- *Inputs* externos ao processo.



Figura 6 - Processo de S&OP Tradicional

2.1.3 Intervenientes

De acordo com alguns autores, numa equipa de S&OP devem estar elementos de variadas funções, sendo que o foco está especialmente nas equipas de vendas, marketing, produção, logística e finanças.

Esta equipa multifuncional pode coordenar-se de diversas formas e ter diferentes tarefas e cargos ao longo de todo o processo de S&OP.

2.1.4 Frequência do S&OP

O processo de S&OP deve reger-se pelo acompanhamento constante através de reuniões frequentes (Lapide 2004a). Grande parte dos autores recomenda que este seja revisto mensalmente, existindo ainda quem considere que a periodicidade desta operação fomente a confiança na mesma (Thomé et al. 2012). Contudo, Grimson e Pyke afirmam que algumas empresas se dirigem para um S&OP guiado por eventos ocorridos, alternativamente ao processo realizado em intervalos de tempo iguais entre si, como tradicionalmente acontece. Desta forma, as empresas podem reagir melhor e mais rapidamente às movimentações no mercado ou a problemas existentes no contexto produtivo.

2.1.5 Horizonte Temporal

Segundo Shedlawski (2016), o horizonte temporal de planeamento para um processo de S&OP deve ter duração suficiente para planear os recursos e suportar o planeamento anual de negócio. O autor afirma também que o planeamento em horizontes temporais diferentes por parte dos diversos departamentos dificulta a conciliação desta operação.

Existem ainda alguns autores que definem um horizonte temporal mínimo de planeamento de dois anos, defendendo que o S&OP é um processo estratégico que não existe para resolver questões operacionais no curto prazo (Harrington 2008).

2.1.6 Nível de Planeamento

O nível de planeamento representa a granularidade com o que o planeamento no S&OP é efetuado. A nível de produto, tempo, fábrica, cliente, entre outros, este planeamento deve ser realizado a nível agregado, visto que esta agregação potencia a eficácia do processo em si. As previsões de vendas que são feitas a nível agrupado de produto possuem, normalmente, uma precisão muito superior à que teriam se essa mesma previsão fosse realizada ao nível baixo do *SKU*. Este fenómeno acontece para muitas outras entidades no contexto do planeamento. Devem agregar-se produtos em grupos de produtos, os clientes em grupos de clientes e os períodos temporais devem possuir o tamanho suficiente para que o S&OP não se torne num processo de microgestão operacional.

2.1.7 Complexidade na Cadeia de Valor

Após a descrição do processo de S&OP tradicional, deve agora ter-se em consideração a crescente complexidade que se tem vindo a associar à cadeia de valor.

O procedimento tradicional oferece claramente benefícios aos níveis de redução de custos e eficiência das operações para uma qualquer empresa. Todavia, o aumento da complexidade na cadeia de abastecimento tem vindo a pressionar até os melhores processos de S&OP, tornando mais difíceis as previsões e o planeamento.

Esta complexidade pode manifestar-se em múltiplos formatos: produtos, *lead times*, novas tecnologias na produção, promoções ou exigências do mercado. Aliado a este facto, a

ferocidade da concorrência tem vindo a aumentar, o que diminui consideravelmente os tempos de reação (Hawkes, Malhotra, and Mueller 2009).

2.1.8 Novas Tecnologias no S&OP

No passado, os procedimentos de S&OP geriam-se principalmente através de ficheiros *Excel* pouco desenvolvidos. Hoje em dia, e com o acesso facilitado a dados em tempo real, as empresas fazem a gestão do seu S&OP em níveis de detalhe superiores. Este facto implica que se invistam em sistemas informáticos mais complexos de gestão de negócio, e que potenciam que a analítica empresarial esteja intrinsecamente conectada com a gestão da *supply chain*. Estas novas tecnologias oferecem dados em tempo real, permitindo decisões baseadas em informação fidedigna e interligando toda a cadeia de valor (Hawkes, Malhotra, and Mueller 2009).

Segundo Lapide (2004b), um processo de S&OP deve ser suportado por três tipos de aplicações informáticas:

- Sistemas de Planeamento da Procura;
- Sistemas de Planeamento do Abastecimento ou Fornecimento;
- Sistema de S&OP *Workbench*.

No que respeita ao planeamento da procura, o autor afirma que os componentes do sistema devem permitir a criação de um *demand plan*. Assim sendo, as aplicações devem possibilitar a realização de previsões estatísticas de vendas a longo prazo, influenciadas pelos *inputs* de diversas variáveis endógenas e exógenas, como é o caso dos planos de *marketing*, introdução de novos produtos, promoções ou mudanças no tecido empresarial. Todos estes são fenómenos que influenciam os valores da procura.

No caso dos sistemas de planeamento do abastecimento ou fornecimento, o autor defende que estas aplicações devem permitir gerir o lado de *supply* no processo de S&OP. Consequentemente, estes sistemas permitem gerar planos de produção, inventário e distribuição, que serão utilizados para guiar as operações com base nas previsões de vendas já realizadas.

Finalmente, a existência de um S&OP *Workbench* permite o fluxo de diversos tipos de informação nas reuniões entre equipas multifuncionais. Um desses tipos de informação consiste em painéis que demonstram uma multiplicidade de métricas representativas do contraste entre o plano de procura e o plano de abastecimento (capacidade utilizada de produção, nível de inventário, quantidade de procura não satisfeita, etc.). Este facto permite que os utilizadores rapidamente compreendam o panorama geral do negócio para o horizonte temporal planeado, possibilitando ainda a criação de cenários *what-if* que levam a alterações dos planos em questão. Um outro tipo de informação demonstrada no S&OP *Workbench* deve consistir na medição da performance do processo de S&OP em si mesmo. Os indicadores utilizados nesta medição podem ser o desvio das previsões de vendas em relação à realidade ou a aderência aos planos de procura e abastecimento (Lapide 2004b).

2.2 *Advanced Planning*

2.2.1 *Planning*

Ao longo da cadeia de valor, milhares de decisões tem de ser tomadas e coordenadas ao minuto. Estas decisões podem ser de diferentes relevâncias sendo que, quanto mais importante for uma decisão, mais preparada e analisada deve ser. Esta preparação denomina-se planeamento (ou *planning* em inglês) (Fleischmann, Meyr, and Wagner 2008).

O planeamento ajuda a solucionar problemas, identificando ações futuras alternativas e selecionando as melhores mediante os resultados que se pretendem obter. Divide-se em diferentes fases :

- Reconhecimento e análise de um problema de decisão;
- Definição de objetivos;
- Previsão de resultados futuros;
- Identificação e avaliação de ações viáveis;
- Seleção das melhores soluções.

Dentro do contexto dos horizontes temporais de planeamento, existem três tipos: longo prazo, médio prazo e curto prazo (Anthony 1965).

Planeamento a longo prazo, ou *long-term planning*, engloba a tomada de decisões a nível estratégico e deve criar condições para o desenvolvimento da empresa e da cadeia de abastecimento no futuro.

A médio prazo, é feito em consequência das decisões do planeamento a longo prazo, e visa a constituição de linhas orientadoras do negócio para as operações regulares. Este plano faz-se a um nível mais alto, ou seja, ao nível agregado de produto (por exemplo) e o horizonte temporal pode variar entre seis a vinte e quatro meses.

Finalmente, o planeamento a curto prazo realiza-se ao nível mais baixo e desagregado de todos os três níveis aqui mencionados e deve especificar todas as atividades com instruções detalhadas para execução e controlo imediato. O horizonte de planeamento varia entre alguns dias e três meses. As decisões consideradas neste tipo encontram-se sempre restringidas de forma estrutural e quantitativa pelos planos estratégicos definidos a um nível mais alto.

Alguns autores consideram que os últimos dois níveis mencionados são chamados níveis operacionais.

O nível de detalhe no planeamento diminui, como referido anteriormente, com o aumento do horizonte temporal do mesmo. Consequentemente, a agregação de informação pode ser ao nível de:

- Produtos, agregados em grupos de produtos;
- Recursos, agregados em grupos de recursos;
- Períodos de tempo: agregados em períodos mais longos.

2.2.2 The Supply Chain Planning Matrix

The supply chain chain planning matrix, ou matriz de planeamento da cadeia de abastecimento, classifica as etapas de planeamento em duas grandes dimensões: horizonte temporal e processo de *supply chain* (compras, produção, distribuição e vendas).

Na Figura 7 está representado o modelo mais usado na definição da cadeia de abastecimento e das respetivas etapas e tarefas, tendo em consideração os horizontes existentes: longo, médio e curto prazo. No que concerne o planeamento a longo prazo, a matriz apresenta um único bloco com o objetivo de ilustrar precisamente a abrangência das tarefas aí incluídas, que são transversais à quatro áreas de negócio representadas.

Com a crescente modernização, surgiram sistemas de planeamento avançado que permitem informatizar as tomadas de decisões e todas tarefas relacionadas com a *supply chain*.

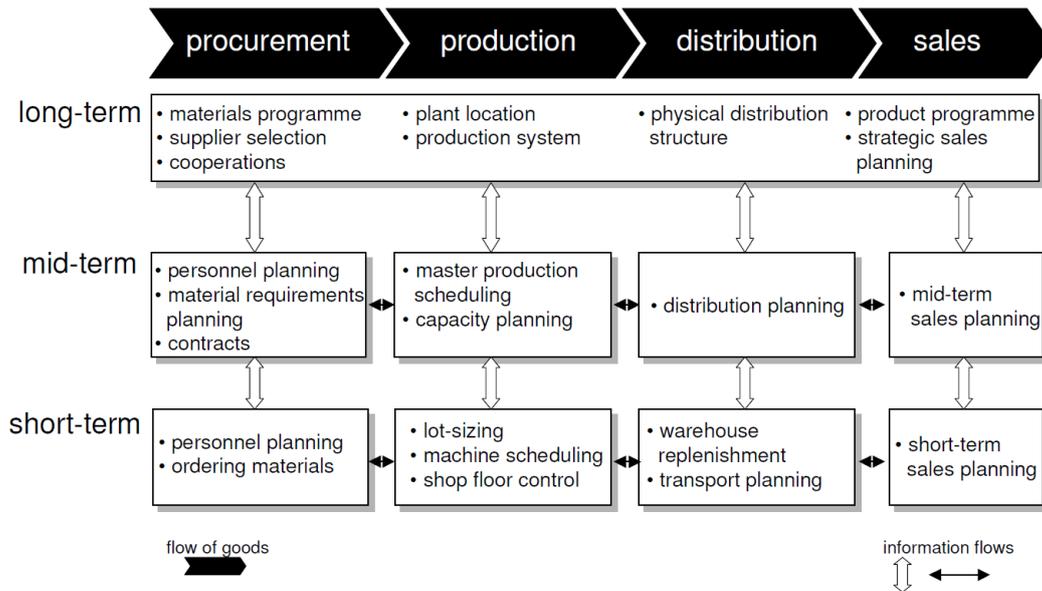


Figura 7 - *The Supply Chain Planning Matrix* (Fleischmann, Meyr, and Wagner 2008)

O S&OP enquadra-se com a matriz supracitada na fase do planeamento a médio prazo. Tal como a figura indica, nessa etapa são realizados os planeamentos de vendas, distribuição, compras, produção e inventário, que correspondem aos principais objetivos de um tradicional processo de S&OP. Nos dias que correm, este enquadramento é suportado pelos mais diversos sistemas de planeamento avançado, que serão explicados de seguida.

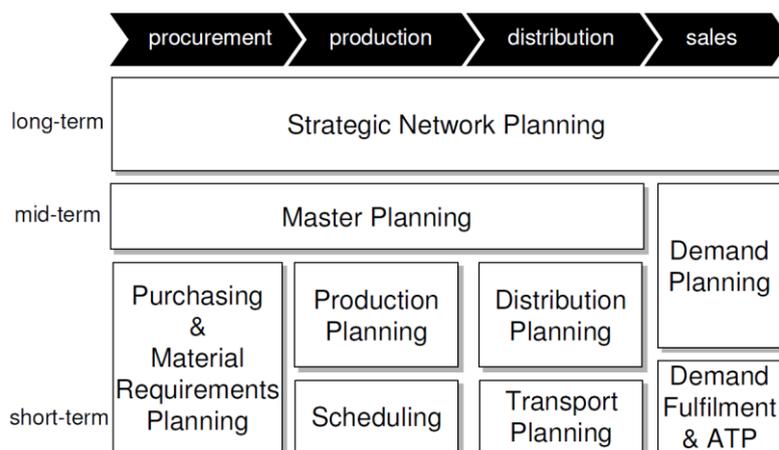
2.2.3 *Advanced Planning Systems*

Advanced Planning Systems, ou sistemas de planeamento avançado, consistem em vários módulos de *software* que cobrem um certo intervalo de tarefas relacionadas com este.

Na secção anterior, a matriz de planeamento da cadeia de abastecimento introduziu e classificou estas tarefas tendo em consideração o horizonte temporal e o processo de *supply chain*.

Consequentemente, a Figura 8 mostra que algumas dessas etapas estão tipicamente cobertas por um respetivo módulo de *software* (Meyr, Wagner, and Rohde 2008).

Os módulos presentes no horizonte de planeamento a médio prazo que estão inseridos no âmbito da dissertação presente neste documento são *demand planning* e *master planning* e, por isso, descritos abaixo.

Figura 8 - Módulos de *software* na *SCP-Matrix*

Demand Planning

O propósito do planeamento da procura é melhorar as decisões relacionadas com as previsões de vendas e os cálculos de stock de segurança para atingir um determinado nível de serviço. Todas as decisões relativas à cadeia de abastecimento devem ser baseadas em encomendas já feitas por parte de clientes e por previsões de vendas efetuadas, sendo que as últimas se inserem no processo de *demand planning*. Deste modo, a performance de cada uma das entidades da cadeia de abastecimento está conectada com a eficiência e eficácia deste processo (Wagner 2005).

Dentro do módulo *demand planning* estão compreendidas diferentes tarefas. A primeira é a realização de uma previsão de vendas com a ajuda de um sistema de planeamento avançado e através de diversos métodos estatísticos, que permita capturar os principais comportamentos do mercado para a linha temporal analisada. De seguida, atualizam-se as previsões obtidas com informações relativas a promoções, campanhas de *marketing*, mudanças estruturais na cadeia de abastecimento, entre outras, que não foram consideradas na primeira etapa. Neste caso, o utilizador fornece ao sistema de planeamento avançado estes dados para que seja recalculado e gerado um novo plano de vendas a médio prazo. Por fim, no processo de *demand planning* devem estar envolvidos diversos elementos da equipa de *supply chain* com o objetivo de chegar a um consenso no que concerne as previsões utilizadas em fases posteriores de planeamento da cadeia de valor (Wagner 2005).

A maior parte dos fornecedores de sistemas de planeamento avançado complementam o módulo de *demand planning* com outro tipo de funcionalidades como, por exemplo, o cálculo automático de stocks de segurança. As razões deste facto tornam-se claras se se considerar que o erro da previsão de vendas é um dos fatores que influencia o cálculo destes níveis de inventário.

Master Planning

Master planning tem como objetivo a sincronização dos fluxos de materiais ao longo de toda a cadeia de abastecimento (Ivert and Jonsson 2010). Este processo suporta as decisões a médio prazo aos níveis de produção, transportes, inventário e distribuição, bem como ao nível do balanceamento entre a oferta e a procura. Como resultado desta sincronização, as entidades de produção e distribuição são capazes de reduzir o seu nível de inventário, visto que a coordenação efetuada permite a otimização do fluxo contínuo de materiais.

Os resultados do processo de *master planning* são objetivos ou instruções para o planeamento e programação de produção, planeamento dos transportes e da distribuição e planeamento de

compras. Este plano mestre deve ser gerado centralmente para todas as entidades e revisto periodicamente (Rohde and Wagner 2008).

A periodicidade associada ao plano mestre torna necessária a atualização constante de dados relativos a níveis de stock ou previsões de vendas. Consequentemente, a primeira tarefa a realizar aquando da geração do *master plan* é a reunião dessa mesma informação num único sistema de planeamento. Esta fase necessita de um alto nível de automatização, evidenciando-se neste ponto a relevância dos sistemas de planeamento avançado. O segundo passo consiste na simulação do plano de abastecimento, em que se permite ao utilizador o ajuste do mesmo mediante as características da cadeia de valor. Em terceiro lugar, o sistema de planeamento avançado permite a criação e implementação efetiva do *supply plan*, mediante as decisões tomadas na fase de simulação. Finalmente, são gerados planos detalhados de produção, inventário e distribuição, que derivam do plano mestre analisado e implementado pelo utilizador com a ajuda de um *advanced planning system* (Rohde and Wagner 2008).

3 Rough Cut Capacity Planning

Dentro do contexto do projeto associado a esta dissertação, é pertinente analisar toda a fase *rough cut capacity planning* na Sonae Arauco à luz do módulo de otimização adquirido e que se pretende validar. Para isso, neste capítulo descrevem-se os modos de funcionamento da ferramenta, bem como as suas restrições de planeamento e modelo matemático. Explicam-se também os dois processos distintos de planeamento implementados na empresa, o S&OP e o S&OE (*Sales and Operations Execution*).

3.1 SAP Integrated Business Planning for Response and Supply

Com toda esta complexidade por detrás do processo de S&OP e do planeamento, a Sonae Arauco optou por adquirir um programa de planeamento integrado de negócio com um otimizador, ou seja, um algoritmo de tomada de decisão. Esta ferramenta chama-se *SAP Integrated Business Planning for Response and Supply*.

Um otimizador é usado no planeamento de recursos com capacidade de utilização limitada quando estas limitações impactam o planeamento de produção e distribuição. Esta otimização visa cumprir as necessidades da procura do mercado, tendo em consideração uma série de restrições. O módulo de otimização cria uma solução viável do *supply plan*, decidindo onde produzir, comprar, fazer stock e a quem entregar ou vender, analisando todas as opções possíveis e escolhendo o cenário mais eficiente em termos de custos totais (Kepczynski et al. 2018).

3.1.1 Modos de Funcionamento do Otimizador

Existem dois modos de utilização desta ferramenta: o modo de maximização do lucro e o modo de maximização das entregas.

Na Sonae Arauco está implementado o modo de maximização do lucro do otimizador. Este modo calcula o lucro como sendo a diferença entre as receitas totais e os custos totais. As receitas totais são a soma das receitas de todos os produtos vendidos ao mercado e, por sua vez, a receita de cada produto é a multiplicação do preço de venda pela quantidade entregue ao cliente.

O custo total de um produto acabado representa o somatório dos custos de transporte, produção, inventário, comerciais e dos custos de todos os componentes necessários para a fabricação desse mesmo produto. Se o custo total do produto for superior ao preço de venda, o otimizador opta por não satisfazer essa procura, não produzindo nem entregando esse material ao cliente (SAP 2019).

O modo de maximização das entregas visa maximizar as entregas ao cliente, tendo em consideração todas as restrições da *supply chain*, exceto a margem de lucro associada a esse produto.

3.1.2 Restrições de Planeamento

O otimizador utiliza *mixed-integer linear programming (MILP)* para encontrar soluções viáveis para o plano de abastecimento e rege-se mediante algumas restrições de planeamento.

Neste sentido, existem as restrições invioláveis (*hard constraints*), as pseudo-invioláveis (*pseudo-hard constraints*), e as que são possíveis violar (*soft constraints*). Qualquer violação de uma qualquer restrição implica a inviabilidade do plano ou um aumento significativo dos custos associados à geração do mesmo.

Hard Constraints

Restrições invioláveis são aquelas às quais é obrigatório aderir, ou seja, o otimizador não as consegue desrespeitar, sob pena de não conseguir encontrar uma solução viável.

No *SAP IBP for Response and Supply*, as restrições invioláveis são as seguintes:

- Regras de fornecimento (combinações cliente/ fábrica/ produto);
- Tamanho de lote mínimo;
- Tamanho de lote máximo;
- Inventário inicial;
- Capacidade de produção;
- Validade das regras de fornecimento;
- Produção máxima;
- Transporte máximo entre fábricas;
- Transporte máximo para o cliente.

Para além destas restrições, existem outras *hard constraints* internas que asseguram que nenhum inventário é mantido nos clientes ou fornecedores, isto é, nunca se podem enviar ao cliente quantidades superiores aos valores de procura definidos por cliente/produto.

Adicionalmente, existe uma outra restrição interna central da ferramenta que balanceia a equação de *stocks*, assegurando que todo o inventário que existe numa dada fábrica ou armazém é sempre igual ao inventário existente no período passado, subtraindo ou adicionando os fluxos de stock que saem ou entram, respetivamente.

Pseudo-hard Constraints

Pseudo-hard constraints são aquelas que o otimizador viola apenas quando não consegue encontrar uma solução viável que respeite essas mesmas restrições. Esta ação acarreta grandes custos de penalização. No otimizador em questão, algumas destas condições são:

- Transporte mínimo para o cliente;
- Transporte mínimo entre fábricas;
- Produção mínima;
- Transporte para o cliente ajustado;
- Produção ajustada;
- Correção de inventário.

Todas as restrições que contenham a palavra “ajustado” ou “ajustada” representam atributos manualmente alterados que o otimizador tenta sempre respeitar. As restrições são

consideradas como pseudo-invioláveis para viabilizar a criação de uma solução, visto que se se considerassem como *hard constraints*, o otimizador poderia em muitos dos casos não encontrar uma solução possível.

Soft Constraints

Tal como as *pseudo-hard constraints*, as *soft constraints* podem ser violadas. Contudo, esta violação implica custos que visam representar os impactos financeiros dessa mesma violação. Enquanto que nas *pseudo-hard constraints* os altos custos de penalização são utilizados para tentar impedir a violação destas restrições, no caso das *soft constraints* esses custos servem para guiar o otimizador nas decisões a tomar.

Alguns exemplos de *soft constraints* são os seguintes:

- Custo de violação de stock de segurança;
- Custo de violação de stock máximo;
- Custo de não entregar;
- Custo de entrega tardia;
- Custo de violação de utilização mínima de recurso.

3.1.3 Função Objetivo

O otimizador tenta encontrar uma solução viável que minimize todos os custos associados ao planeamento e à cadeia de abastecimento, desde custos de produção a custos de transporte. Estes custos que se pretendem minimizar podem ser fixos ou variáveis e são:

- Custos de não entregar (variáveis);
- Custos de entrega tardia (variáveis);
- Custos de transporte (fixos e variáveis);
- Custos de produção (fixos e variáveis);
- Custos de inventário (variáveis);
- Custos de violação do stock de segurança (variáveis);
- Custos de violação do stock máximo (variáveis).

3.2 Horizonte Temporal de Planeamento

Na Sonae Arauco o horizonte temporal de planeamento para o S&OP é de três meses com um mês de intervalo. Isto é, sendo M o mês atual, o planeamento é feito para M+2, M+3 e M+4. O mês atual e o mês imediatamente seguinte (M+1) são analisados e planeados num processo paralelo ao S&OP, num contexto mais operacional e com um tipo de granularidade diferente, o que permite uma reação mais rápida e efetiva a qualquer tipo de problema ou situação. Este último denomina-se *Sales and Operations Execution* (S&OE). Não obstante, todos os dados são revistos constantemente entre os dois processos para que exista apenas um conjunto de números correto e atualizado em toda a organização.

Na Figura 9 encontram-se representados os dois procedimentos existentes na empresa, delineando-se as diferenças entre eles em termos do horizonte de planeamento, da periodicidade do processo e dos respetivos *outputs*.

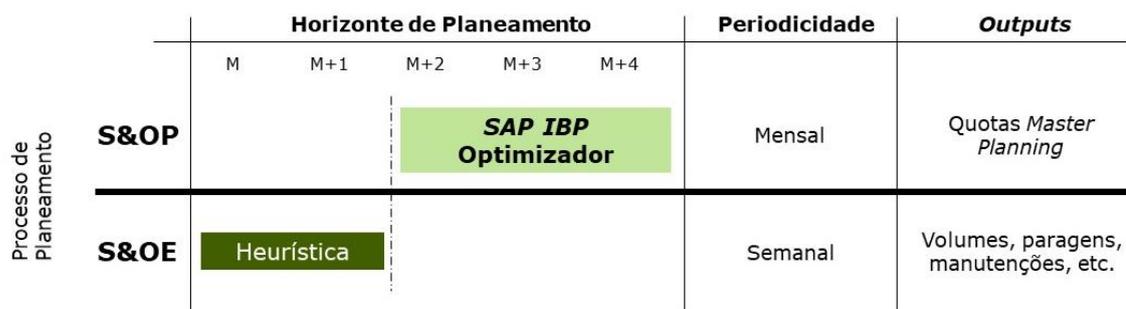


Figura 9 - Processos de Planeamento na Sonae Arauco

No SAP IBP adquirido pela empresa, todo o planeamento de S&OP é feito com um detalhe de um mês, ou seja, todas as unidades temporais são mensais. Por exemplo, se se considera que um determinado *lead time* é igual a um, significa que, para a ferramenta, esse produto só chegará ao destino considerado no mês seguinte ao mês do pedido ou da necessidade.

3.3 Nível de Planeamento

Nesta ferramenta em S&OP, o planeamento é feito a nível agregado de produtos e clientes, como representado na Figura 10 e Figura 11, respetivamente. O nível mais detalhado que o optimizador utiliza para os produtos é o “descritivo de produto”, onde se encontram agrupados todos os *SKU* relativos a um certo tipo de material.



Figura 10 - Agregação de Produtos na Sonae Arauco

Ao nível dos clientes, cada um deles está agregado por tipos (por exemplo tipo industrial), que por sua vez estão agregados por zonas e países. O nível mais alto é o das regiões de clientes, sendo que a Sonae Arauco agrega os seus mercados em quatro regiões distintas, como foi mencionado anteriormente.



Figura 11 - Agregação de Clientes na Sonae Arauco

Para efeitos do cálculo das previsões de vendas, elaboração do plano de abastecimento e tomada de decisão, uma agregação a este nível revela resultados de maior qualidade, pois tem associada uma incerteza muito inferior à do planeamento ao nível mais baixo (no caso dos produtos, o *SKU*).

3.4 Estrutura do SAP IBP

Dados Mestre

Os dados mestre representam o conjunto de entidades, conceitos ou parâmetros que são cruciais para qualquer empresa, constituindo o foco dos processos de negócio (Loshin 2009). São normalmente dados descritivos, que ajudam a definir regras base para qualquer tipo de planeamento. Neste caso, os dados mestre da ferramenta SAP IBP contêm toda a informação de negócio essencial para o funcionamento eficaz da ferramenta. Estes dados podem conter desde informações de clientes a informações de produções (linhas de produção, combinações componentes/produto final, rácios de utilização de recursos, etc.). Na Tabela 13 do Anexo A estão representados todos os conjuntos de dados mestre existentes na ferramenta, bem como os dados mais relevantes a inserir em cada um destes.

Os conjuntos de dados mestre que sofreram mais alterações e que foram mais utilizados no contexto desta dissertação foram aqueles em que se definem as regras de fornecimento entre fábricas ou das fábricas para os clientes finais. Dentro destes conjuntos de dados mestre podem definir-se ainda outros atributos tais como o *lead time*, os rácios de fornecimento entre fábricas e clientes (quantidade de produto em percentagem que será fornecida de uma determinada fábrica para uma dada combinação de cliente / produto), o rácio de fornecimento entre fábricas (quantidade de produto que será fornecida de uma fábrica de origem para uma dada combinação fábrica de destino/produto) e validade temporal de uma dada combinação cliente/fábrica/produto. No caso dos rácios supracitados, existe também a possibilidade de os definir em função do horizonte temporal, nas *key figures* existentes para o efeito.

Key Figures

As *key figures* representam todas as variáveis do sistema que se podem editar ou que determinam ou ajudam a calcular algum valor ou quantidade relacionada com o planeamento da *supply chain*, produção, contabilidade, controlo de gestão, ou uma outra qualquer dimensão de negócio. Um valor introduzido numa *key figure* é normalmente dependente do período temporal para o qual se parametrizou, enquanto que as informações presentes nos

dados mestre são habitualmente válidas para toda a ferramenta e utilizadas como regra em todos os períodos.

No caso do otimizador em questão, as variáveis mais importantes são as de *input* e *output* e as variáveis de ajuste.

As *key figures* de *input* são todas aquelas nas quais é possível inserir valores ou quantidades. O otimizador utiliza estas variáveis nos seus cálculos e escreve esses valores ou quantidades nas variáveis de *output*, que permitem a visualização dos cálculos gerados.

Por outro lado, as variáveis de ajuste permitem alterar e “forçar” um determinado comportamento no otimizador, modificando os valores das *key figures* de *output*. Estes ajustes são considerados como informação adicional à utilizada para o algoritmo de planeamento e, por isso, o otimizador força o cálculo das restantes *key figures* de *output* com respeito a este valor fixo de ajuste. Todavia, ao utilizar esta função, o otimizador pode obter uma situação em que não existe uma solução matemática para o problema. Nestes casos, o algoritmo respeita as variáveis de ajuste o mais possível, no domínio do que é viável em termos de restrições.

3.5 *Outputs* do Otimizador e Validação

Após a inserção e manutenção dos dados relevantes para os cálculos do otimizador, torna-se necessário avaliar as decisões tomadas pelo mesmo e compará-las com a estratégia delineada para o período que está a ser escrutinado.

Integrado no processo de S&OP da Sonae Arauco na fase do *rough cut capacity plan*, existem algumas ações que normalmente se executam para validar o *output* do otimizador. Os planos gerados são geralmente analisados com base em algumas *key figures* chave:

- Capacidade produtiva utilizada;
- Nível de stock previsto no final do mês;
- *Consensus demand* vs. quantidade fornecida ao cliente;
- Margem de contribuição.

Em todas as iterações em que se executa o algoritmo do otimizador, é necessário fazê-lo para todas as regiões em que a empresa atua, sob pena de ocorrerem alguns erros como, por exemplo, a duplicação de valores.

O Anexo B deste documento contém exemplos das diversas análises que se podem realizar na ferramenta SAP IBP. Na Figura 18 estão representadas as diferenças entre os valores da procura e das quantidades fornecidas, por região de clientes e por grupo de produtos. Por outro lado, a Figura 19 apresenta o *output* do simulador em relação aos níveis de inventário. Algumas das variáveis presentes podem ser: stock previsto, stock de segurança ou stock máximo. Por fim, a Figura 20 do Anexo B permite analisar o nível de utilização das linhas de produção. O gráfico presente nesta figura espelha a diferença entre a capacidade de produção utilizada e a disponível.

Podem ser criados diferentes cenários com diferentes restrições ou alterações manuais, possibilitando a escolha de um plano de abastecimento que maximize a margem de contribuição, que é o objetivo final de todo este processo. Na Tabela 2 estão representadas as validações e correções habitualmente realizadas ao plano gerado pelo otimizador.

Tabela 2 - Validação Habitualmente Realizada ao Plano Gerado pelo Optimizador

<i>Key Figure</i>	Ações
Nível de Stock Previsto no Final do Mês	<p>Se o Nível de Stock Previsto no Final do Mês < Stock de Segurança, aumenta-se o Custo de Violação do Stock de Segurança.</p> <p>Se o Nível de Stock Previsto no Final do Mês > Stock Máximo, aumenta-se o Custo de Violação do Stock Máximo.</p>
Capacidade Produtiva Utilizada (%)	<p>Se a Capacidade Produtiva Utilizada for mais baixa que um certo valor mínimo definido e se pretende aumentar esta taxa de utilização, aumenta-se o valor do stock de segurança.</p> <p>Outra opção é aumentar o valor da <i>key figure</i> Utilização Mínima de Recurso.</p> <p>Se a Capacidade Produtiva Utilizada < Utilização Mínima de Recurso, aumenta-se o Custo de Violação de Utilização Mínima de Recurso.</p>
Quantidade Fornecida ao Cliente	<p>Se a Quantidade Fornecida ao Cliente não estiver a ser servida pela fábrica desejada ou se existir já algum acordo com o cliente para que um certo produto seja servido desde uma fábrica específica, ajusta-se manualmente esse volume na <i>key figure</i> Quantidade Fornecida ao Cliente Ajustada.</p> <p>Se existir uma restrição de mercado ou de produção e uma certa quantidade deva ser servida desde uma fábrica específica, esta parametrização pode ser efetuada através das <i>key figures</i> Quota Mínima de Quantidade Fornecida ao Cliente e Quota Máxima de Quantidade Fornecida ao Cliente.</p> <p>Se se pretende aumentar ou diminuir a Quantidade Mínima Fornecida ao Cliente, deve alterar-se a <i>key figure</i> Variação Máxima da Quantidade Fornecida em Relação à Procura (%).</p>

3.6 Modelo Matemático

O modelo de programação inteira mista que aqui se apresenta foi inferido do funcionamento do optimizador.

Este modelo visa a optimização do plano de produção, distribuição e fornecimento a clientes finais. Dentro do plano de produção, existe uma alocação de produtos agregados em grupos a linhas de produção, que por sua vez estão localizadas numa determinada fábrica. Nessa fábrica existe capacidade de armazenagem, onde certos grupos de produtos possuem uma quantidade de inventário, ao qual está associado um custo por produto/fábrica. A capacidade de armazenagem é finita e está parametrizada neste modelo, não podendo a quantidade total de stock ser superior à capacidade máxima. As transferências de stock entre unidades fabris e de distribuição também estão incluídas no modelo, e possuem um custo de transporte associado que varia consoante a combinação fábrica origem/centro de distribuição/produto. Os custos de transporte para o cliente seguem a mesma lógica que os anteriores, variando mediante a combinação fábrica/cliente/produto. Quanto ao balanço de inventário, este modelo define que o stock inicial do período de uma dada unidade de armazenagem somado com a quantidade produzida no período nesse centro produtivo e toda a quantidade recebida de outros centros é igual à quantidade de stock no início do período seguinte somada com toda a quantidade enviada a outros centros de armazenagem ou clientes finais. Por fim, este modelo matemático considera ainda a penalização de não satisfazer a totalidade da procura do cliente.

O custo de não entrega da quantidade procurada representa, neste caso, o preço de venda do produto, que é o valor perdido por cada unidade não fornecida.

O modelo matemático descrito está representado abaixo.

Índices

i	Grupo de produtos
t	Período temporal
m	Linha de produção
f	Fábrica
a	Centro de distribuição
c	Cliente

Parâmetros

c_{im}^P	Custo de produzir uma unidade (m^3) do grupo de produtos i na linha de produção m
c_{ifa}^T	Custo de transportar uma unidade (m^3) do grupo de produtos i desde a fábrica f até ao centro de distribuição a
$c_{ifc}^{T'}$	Custo de transportar uma unidade (m^3) do grupo de produtos i desde a fábrica f até ao cliente c
$c_{iac}^{T'}$	Custo de transportar uma unidade (m^3) do grupo de produtos i desde o centro de distribuição a até ao cliente c
c_{if}^I	Custo de armazenar uma unidade (m^3) do grupo de produtos i na fábrica f
c_{ia}^I	Custo de armazenar uma unidade (m^3) do grupo de produtos i no centro de distribuição a
$c_{ic}^{Q'}$	Custo de não vender uma unidade (m^3) do grupo de produtos i procurada pelo cliente c
$cvio_{if}^{SS}$	Custo de violar o stock de segurança para o grupo de produtos i na fábrica f
$cvio_{ia}^{SS}$	Custo de violar o stock de segurança para o grupo de produtos i no centro de distribuição a
p_{im}	Tempo de processamento do grupo de produtos i na linha de produção m
v_i	Volume do grupo de produtos i
cap_{mt}^P	Capacidade máxima de produção (unidades temporais) da linha de produção m no período t
cap_f^I	Capacidade máxima de armazenagem da fábrica f
cap_a^I	Capacidade máxima de armazenagem do centro de distribuição a
ss_{ift}	Nível de stock de segurança do grupo de produtos i na fábrica f no período t
ss_{iat}	Nível de stock de segurança do grupo de produtos i no centro de distribuição a no período t
$vmax_{ict}$	Variação máxima da quantidade fornecida em relação à procura de um grupo de produtos i por parte de um cliente c no período t
D_{ict}	Quantidade procurada do grupo de produtos i pelo cliente c no período t

Variáveis de Decisão

P_{imt}	Quantidade produzida do grupo de produtos i na linha de produção m no período t
T_{ifat}	Quantidade transportada do grupo de produtos i desde a fábrica f para o centro de distribuição a no período t
T'_{ifct}	Quantidade transportada do grupo de produtos i desde a fábrica f até ao cliente c no período t
T'_{iact}	Quantidade transportada do grupo de produtos i desde a centro de distribuição a até ao cliente c no período t
I_{ift}	Quantidade armazenada do grupo de produtos i na fábrica f no período t
I_{iat}	Quantidade armazenada do grupo de produtos i no centro de distribuição a no período t
Q'_{ict}	Quantidade não vendida para a qual existia procura do grupo de produtos i pelo cliente c no período t
SS'_{ift}	Quantidade que viola o stock de segurança de um grupo de produtos i numa fábrica f no período t
SS'_{iat}	Quantidade que viola o stock de segurança de um grupo de produtos i no centro de distribuição a no período t

Função Objetivo

$$\text{Min } X1 = \sum_i \sum_m \sum_t c_{im}^P \times P_{imt} \quad (3.1)$$

$$\text{Min } X2 = \left(\sum_i \sum_f \sum_a \sum_t c_{ifa}^T \times T_{ifat} \right) \quad (3.2)$$

$$\text{Min } X3 = \left(\sum_i \sum_f \sum_c \sum_t c_{ifc}^{T'} \times T'_{ifct} \right) + \left(\sum_i \sum_a \sum_c \sum_t c_{iac}^{T'} \times T'_{iact} \right) \quad (3.3)$$

$$\text{Min } X4 = \left(\sum_i \sum_f \sum_t c_{if}^I \times I_{ift} \right) + \left(\sum_i \sum_a \sum_t c_{ia}^I \times I_{iat} \right) \quad (3.4)$$

$$\text{Min } X5 = \sum_i \sum_c \sum_t c_{ic}^{Q'} \times Q'_{ict} \quad (3.5)$$

$$\text{Min } X6 = \left(\sum_i \sum_f \sum_t c_{viol_{if}^{SS}} \times SS'_{ift} \right) + \left(\sum_i \sum_a \sum_t c_{viol_{ia}^{SS}} \times SS'_{iat} \right) \quad (3.6)$$

Neste ponto encontram-se descritas e decompostas em parcelas todas as minimizações que compõe a função objetivo. Em (3.1) a função minimiza os custos totais de produção, somando

todos esses custos para a combinação grupo de produtos/linha de produção/período. Estes são obtidos através da multiplicação da quantidade produzida de um grupo de produtos numa determinada linha naquele período pelo custo por unidade de produzir esse grupo de produtos nessa mesma linha. A equação (3.2) retorna o valor total dos custos de transporte entre uma fábrica e um centro de distribuição para uma determinada combinação de fábricas, centros e grupos de produtos, num período. A minimização dos custos de transporte para o cliente final está representada em (3.3) seguindo a lógica da formulação anterior, assumindo que os clientes podem ser servidos por fábricas ou por centros de distribuição. Em (3.4) minimizam-se os custos de armazenagem em cada unidade fabril ou de distribuição por grupo de produtos, num período. Os custos de não satisfação da procura estão descritos na fórmula (3.5) e representam-se pelo somatório de todas as unidades não vendidas multiplicadas pelo seu custo de não entrega, por produto e cliente. Por fim, em (3.6) são minimizados os custos de violação de stock de segurança que se calculam pela multiplicação de cada unidade de um grupo de produtos que não satisfaz o nível de stock desejado pelo seu custo de armazenagem.

A função objetivo global é o somatório de todas as parcelas descritas acima.

$$\text{Min } X = X1 + X2 + X3 + X4 + X5 + X6 \quad (3.7)$$

Restrições

A função objetivo descrita no ponto anterior está sujeita às seguintes restrições:

$$\sum_f T'_{ifct} + \sum_f T'_{iact} + Q'_{ict} = D_{ict} \quad \forall i, c, t \quad (3.8)$$

$$I_{ift-1} + \sum_{m \in f} P_{imt} = I_{ift} + \sum_c T'_{ifct} + \sum_c T_{ifat} \quad \forall i, f, t \quad (3.9)$$

$$I_{iat-1} + \sum_f T_{ifat} = I_{iat} + \sum_c T'_{iact} \quad \forall i, a, t \quad (3.10)$$

$$\sum_i (p_{im} \times P_{imt}) \leq \text{cap}_{mt}^P \quad \forall m, t \quad (3.11)$$

$$\sum_i (I_{ift} \times V_i) \leq \text{cap}_f^I \quad \forall f, t \quad (3.12)$$

$$\sum_i (I_{iat} \times V_i) \leq \text{cap}_a^I \quad \forall a, t \quad (3.13)$$

$$(I_{ift} + SS'_{ift}) \times V_i \geq ss_{ift} \quad \forall i, f, t \quad (3.14)$$

$$(I_{iat} + SS'_{iat}) \times V_i \geq ss_{iat} \quad \forall i, a, t \quad (3.15)$$

$$(T'_{ifct} + T'_{iact}) \geq (1 - v\text{max}_{ict}) \times D_{ict} \quad \forall i, c, t \quad (3.16)$$

A restrição (3.8) define que as quantidades fornecidas ao cliente pelas fábricas ou centros de distribuição somadas com a quantidade que ficou por vender ao mesmo cliente tem de igualar a totalidade da quantidade procurada por este, num determinado período e para um certo

grupo de produtos. Em (3.9) está representado o balanceamento de stocks nas fábricas. Isto é, todas as quantidades produzidas num período somadas com as quantidades em armazém no fim do período anterior, devem ser iguais às quantidades armazenadas no período corrente somadas com as enviadas a clientes ou a centros de distribuição. O balanceamento dos stock nos centros de distribuição em (3.10) seguem a mesma lógica do anterior, com a exceção de que estes centros não tem capacidade produtiva e, por isso, a soma das quantidades armazenadas no período anterior com as recebidas de outras fábricas deve ser igual à soma do nível de stocks no período corrente com as quantidades transportadas a clientes, para todos os grupos de produtos. A restrição (3.11) impõe que o somatório dos tempos de processamento de cada um dos grupos de produtos de uma linha de produção nunca deve ser superior à sua capacidade máxima de produção. Analogamente, (3.12) e (3.13) determinam que a soma de todos os volumes armazenados em fábricas ou centros de distribuição, respetivamente, nunca devem ultrapassar a capacidade máxima de armazenagem existente em cada uma das entidades. Por outro lado, (3.14) e (3.15) definem que o nível de stocks em fábricas ou centros de distribuição deve ser sempre igual ou superior ao nível de stock de segurança definido para essa mesma entidade mediante o grupo de produtos e o período em questão. Por fim, a restrição (3.16) delimita que o somatório das quantidades transportadas ou vendidas a um cliente de um grupo de produtos num período deve respeitar sempre a regra da variação máxima da quantidade vendida em relação à procurada. Por exemplo, se um cliente possui uma quantidade procurada de 1000 unidades e a variação máxima definida é de 20%, significa que a quantidade fornecida a esse cliente deve ser pelo menos 800 unidades.

3.7 Identificação do Problema

Com a implementação desta nova ferramenta, a Sonae Arauco teve a necessidade de validar os dados e os planos gerados, desenvolvendo cenários para melhorar a margem de contribuição total.

Paralelamente, a empresa está em fase de implementação de um novo centro de distribuição que tem como objetivo melhorar o seu nível de serviço a alguns clientes de certos segmentos. Aliado a este facto, a Sonae Arauco efetuou uma reestruturação dos seus clientes de exportação, sendo necessária a respetiva atualização de dados na ferramenta. Todos estes novos fluxos foram parametrizados no *SAP IBP for Response and Supply* como será explicado no capítulo seguinte.

4 Reestruturação do *Response & Supply* na Sonae Arauco

Tal como mencionado nos capítulos anteriores, o objetivo do projeto associado a esta dissertação de mestrado consiste na reestruturação do módulo de otimização utilizado para a geração do plano de abastecimento às unidades industriais e aos clientes da região SWE e de Exportação da empresa Sonae Arauco. A ferramenta adquirida onde está contido este otimizador denomina-se *SAP IBP for Response & Supply*.

Neste sentido, efetuaram-se algumas alterações ao nível da agregação de alguns grupos de clientes, parametrizaram-se novas unidades de distribuição na ferramenta, e analisaram-se alguns custos e variáveis importantes para a geração do plano. Nas secções seguintes serão apresentadas em maior detalhe todas estas alterações.

4.1 Estrutura de Clientes de Exportação

Como referido na secção 1.2.4, a Sonae Arauco divide o seu mercado de clientes em quatro regiões distintas: SWE, NEE, SAF e Exportação.

Dentro da região de clientes de Exportação, a empresa agrega todos os clientes que não se encontram nas restantes regiões em alguns grupos grandes. Em consequência desta agregação a alto nível, tem-se vindo a verificar uma perda de sensibilidade e de detalhe que são necessários para a formulação das previsões de vendas e da elaboração do plano de abastecimento. Neste sentido, houve a necessidade de alterar a estrutura e introduzir maior detalhe nos dados relativos a estes clientes, desagregando estes macro grupos num conjunto maior de menores clientes. A título exemplificativo, é possível afirmar que o cliente Exportação se desagregou em três novos grupos originando os grupos Exportação1, Exportação2 e Exportação3, como é exemplificado na Figura 12.

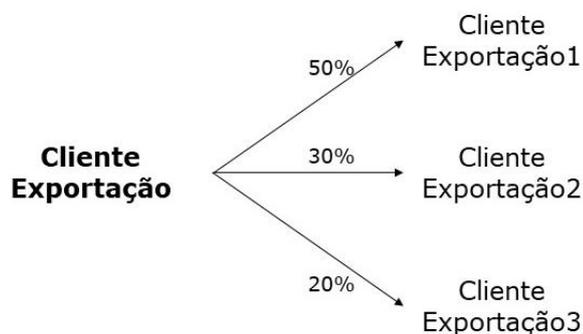


Figura 12 - Exemplo da Reestruturação de Clientes de Exportação

Esta reestruturação implicou que fossem criadas novas combinações de fábrica/ produto/ cliente para todos os novos grupos e introduzidos os parâmetros associados a cada um deles, processo que será explicado de seguida.

4.1.1 Novas Combinações Fábrica / Produto / Cliente

O primeiro trabalho realizado foi a criação das combinações necessárias para o novo fluxo de materiais que se pretendia estabelecer. Todos os novos grupos desagregados de clientes possuem as mesmas fábricas fornecedoras de material que os grupos antigos, pelo que estas combinações foram mantidas e apenas se multiplicaram pelos diferentes grupos de nível inferior. Exemplificando, pode afirmar-se que se a fábrica X servia todo o produto Y ao cliente Exportação, após a reestruturação esta fábrica X servirá todo esse produto aos três novos clientes Exportação1, Exportação2 e Exportação3.

Com a divisão destes grupos grandes de clientes, torna-se possível efetuar previsões de vendas para cada um dos novos conjuntos cliente/produto e inserir parâmetros diferentes entre estes, facto que não se podia realizar com a estrutura anterior. Ao desagregar-se a informação, aumenta-se também o nível de detalhe que estará presente na ferramenta e distinguem-se os diversos planos de abastecimento gerados associados a cada um dos novos grupos.

Na Tabela 3 estão representadas as alterações e desagregações efetuadas ao nível de clientes de Exportação. O grupo de clientes que sofreu maior desagregação foi o grupo *Middle East*, que se dividiu em sete novos conjuntos. Cada uma das novas entidades representa agora um país para onde a Sonae Arauco vende os seus produtos, em vez de continuarem agrupados por regiões.

Tabela 3 - Nova Estrutura de Clientes de Exportação

Grupo de Clientes Origem	Novos Grupos de Clientes
Asia	China, Japan e Taiwan
South Europe	Cyprus, Greece, Malta e Turkey
North of Africa	Algeria, Senegal e Tunisia
Other Africa	Angola, Cape Verde e Reunion
Middle East	Bharain, Iran, Jordan, Kuwait, Lebanon, Saudi Arabia e United Arab. Emirates
North America	Mexico e United States of America
Central America	Dominican Republic, French Guiana e Guadeloupe
South America	Brazil, Chile e Suriname

4.1.2 Parametrização dos Novos Grupos de Clientes de Exportação

Os parâmetros inseridos para os novos grupos de clientes de Exportação criados foram:

- Custos de transporte;
- Custos comerciais;
- Custos de não entrega;

- Variação máxima da quantidade fornecida em relação à procura (%).

Custos de Transporte

Os custos de transporte inseridos são relativos ao transporte desde a fábrica fornecedora até ao cliente. Estes valores foram analisados em conjunto com o departamento de controlo de gestão da empresa e com a equipa de planeamento dos transportes, encontrando-se exemplificados na Tabela 4. Estes valores são calculados mediante a rota fábrica/cliente e o produto a transportar. Isto é, sabendo a distribuição histórica das cargas associadas a um dado cliente desde uma determinada fábrica, e estando calculados os valores médios de densidade e volume para cada um dos produtos a transportar, pode criar-se uma relação entre o preço médio da rota, o produto e o volume de cada um destes que será transportado, retornando assim um valor de custo de transporte por produto e por m³ para uma dada combinação cliente/fábrica.

Nesta tabela estão apresentados os custos mínimos e máximos de transporte que existem para cada uma das entidades de cliente, dependendo da fábrica fornecedora e do tipo de produto que transportam. Esta tabela visa fornecer uma ideia do intervalo de custos existente para cada novo cliente.

Tabela 4 - Custos de Transporte Inseridos para Clientes de Exportação

Cliente	Custo de Transporte Mínimo	Custo de Transporte Máximo
Algeria	29,90	56,00
Angola	54,00	60,00
Bharain	47,50	58,00
Brazil	51,60	105,00
Cape Verde	54,00	60,00
Chile	51,60	105,00
China	33,00	69,32
Cyprus	47,00	58,00
Dominican Rep.	43,66	65,00
French Guiana	43,66	65,00
Greece	47,00	58,00
Guadeloupe	43,66	65,00
Iran	47,50	58,00
Japan	33,00	69,32
Jordan	47,50	58,00
Kuwait	47,50	58,00
Lebanon	47,50	58,00
Malta	47,00	58,00
Mexico	70,00	97,00
Reunion	54,00	60,00
Saudi Arabia	47,50	58,00
Senegal	29,90	56,00
Suriname	51,60	105,00
Taiwan	33,00	69,32
Tunisia	29,90	56,00
Turkey	47,00	58,00
USA	70,00	97,00
United Arab. Emirates	47,50	58,00

Esta alteração tem como objetivo a diferenciação entre grupos de clientes anteriormente agregados, o que permitirá ao otimizador uma análise mais cuidada da relevância de cada um destes e a geração de um plano mais eficaz para o horizonte temporal definido.

Note-se que todos estes valores de custo de transporte estão representados em €/m³.

Custos Comerciais

À semelhança dos custos de transporte, os custos comerciais inseridos na estrutura de dados da ferramenta foram analisados em conjunto com o departamento de controlo de gestão. Estes valores representam uma percentagem que se retira ao valor do preço final de venda, e que ajuda a definir o “esforço” financeiro necessário para obter essa mesma venda.

Estes valores encontram-se descritos na Tabela 5 igualmente numa lógica de custo mínimo e máximo, dependendo do tipo de produto que se pretende servir.

Tabela 5 - Custos Comerciais para Clientes de Exportação

Cliente	Custo Comercial Mínimo	Custo Comercial Máximo
Algeria	1,32 %	2,84 %
Angola	6,60 %	8,65 %
Bharain	2,71 %	2,71 %
Brazil	3,15 %	3,59 %
Cape Verde	1,69 %	3,00 %
Chile	3,15 %	3,59 %
China	2,63 %	5,73 %
Cyprus	0,97 %	0,97 %
Dominican Rep.	3,02 %	8,43 %
French Guiana	3,02 %	8,43 %
Greece	3,15 %	3,59 %
Guadeloupe	5,00 %	5,00 %
Iran	2,00 %	8,15 %
Japan	2,63 %	5,73 %
Jordan	2,00 %	8,15 %
Kuwait	2,63 %	2,63 %
Lebanon	2,00 %	8,15 %
Malta	3,57 %	5,52 %
Mexico	3,28 %	3,53 %
Reunion	4,71 %	4,71 %
Saudi Arabia	2,85 %	2,85 %
Senegal	2,50 %	3,28 %
Suriname	3,15 %	3,59 %
Taiwan	2,63 %	5,73 %
Tunisia	2,50 %	3,28 %
Turkey	3,15 %	3,59 %
USA	3,28 %	3,53 %
United Arab. Emirates	2,92 %	2,92 %

Custos de Não Entrega

Os custos de não entregar a quantidade procurada ao cliente correspondem, em traços gerais, aos preços de venda. Por cada unidade não vendida, ou seja, que não é possível ser entregue, o valor do preço de venda dessa mesma unidade é o valor perdido de uma unidade de procura que poderia ter sido satisfeita. Deste modo, é possível afirmar que os custos de não entrega são dos mais importantes a parametrizar na ferramenta, estando a sua minimização intrinsecamente ligada com o volume de vendas perdido, que se pretende igualmente que seja reduzido.

Os valores do preço de venda são analisados e inseridos na ferramenta todos os meses pelo departamento comercial na fase de *Demand Review* do S&OP, sendo o *demand planner* o responsável por esta tarefa.

Variação Máxima da Quantidade Fornecida em Relação à Procura (%)

Esta variável indica a percentagem de quantidade da procura que é possível não fornecer ou não entregar, a cada cliente. Por exemplo, se o cliente A possuir um valor de 0% nesta *key figure*, o otimizador tentará sempre fornecer a totalidade da quantidade procurada, visto que é uma restrição imposta pelo utilizador. Por outro lado, se este valor for igual a 100%, cabe ao algoritmo otimizar a quantidade a ser entregue.

Os valores da variação máxima da quantidade fornecida em relação à procura (%) inseridos na ferramenta para os novos grupos de clientes de exportação foram iguais aos valores já existentes para o nível de clientes mais agregado.

Na Tabela 6 encontram-se representados alguns valores que exemplificam o funcionamento desta variável, mas que, por motivos de confidencialidade e de sensibilidade da informação apresentada, não correspondem à realidade do negócio da Sonae Arauco.

Tabela 6 – Exemplificação do Funcionamento da Variação Máxima da Quantidade Fornecida em Relação à Procura para Clientes de Exportação

Cliente	Var. Máxima da Qtd. Fornecida em Relação à Procura	Cliente	Var. Máxima da Qtd. Fornecida em Relação à Procura
Algeria	70,0%	Jordan	80,0%
Angola	100,0%	Kuwait	80,0%
Bharain	80,0%	Lebanon	80,0%
Brazil	100,0%	Malta	75,0%
Cape Verde	100,0%	Mexico	100,0%
Chile	100,0%	Reunion	100,0%
China	85,0%	Saudi Arabia	80,0%
Cyprus	75,0%	Senegal	70,0%
Dominican Rep.	85,0%	Suriname	100,0%
French Guiana	85,0%	Taiwan	85,0%
Greece	75,0%	Tunisia	70,0%
Guadeloupe	85,0%	Turkey	75,0%
Iran	80,0%	USA	100,0%
Japan	85,0%	Utd.Arab.Emir.	80,0%

4.2 Estrutura de Clientes *Trade* na Região SWE e Novo Centro de Distribuição

Desde há muito tempo, a Sonae Arauco tem vindo a fornecer principalmente clientes industriais da área do mobiliário ou do embalamento. Este processo de fornecimento envolve uma encomenda da parte do cliente, à qual é associada uma data estimada de entrega, fazendo com que a maior parte do volume de produções da Sonae Arauco seja em contexto *make-to-order*. Contudo, e percebendo a posição recente do mercado de painéis derivados de madeira, a empresa tomou a decisão estratégica de aumentar o seu volume de vendas a clientes de distribuição (chamados daqui em diante de clientes *trade*) na região SWE, ou seja, na península Ibérica. Os clientes *trade* compram produtos à Sonae Arauco para posterior revenda e distribuição, enquanto que os clientes industriais tendencialmente adquirem painéis para processar, transformar e utilizar na construção ou na produção de mobiliário. Em consequência deste facto, foi feito um investimento num novo centro de distribuição em Espanha, que permite servir estes clientes *trade* com maior rapidez e qualidade, o que implicará um aumento significativo do nível de serviço da empresa, e um crescimento neste segmento. Este centro servirá apenas este novo segmento de clientes, mantendo-se todos os restantes fluxos como estavam anteriormente.

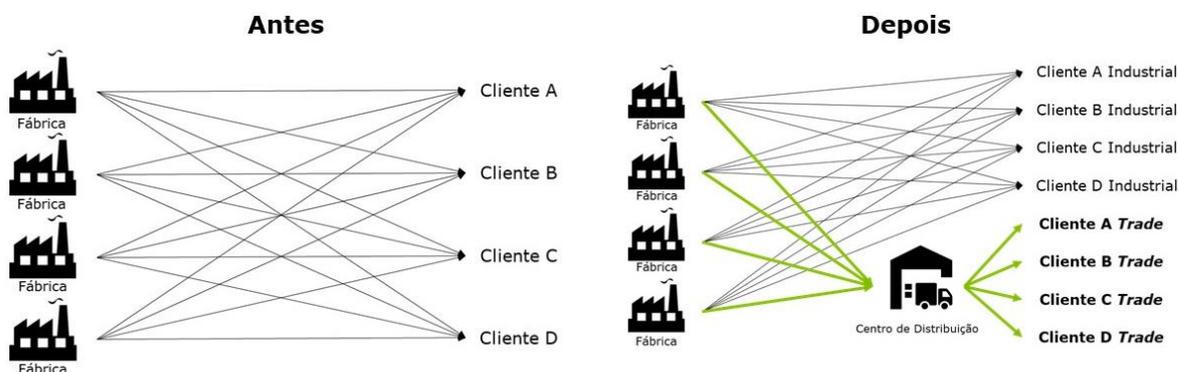


Figura 13 - Separação de Clientes em *Trade* e Industrial

A Figura 13 demonstra a separação dos clientes que foi implementada na ferramenta. Como indicado na figura, apenas quatro grupos de clientes sofreram alterações. Para definir esta alteração, o *demand planner* realizou uma análise de vendas do passado, identificando todas as quantidades vendidas a clientes *trade* e aos restantes clientes, atribuindo uma percentagem a cada uma dessas entidades. Na mesma figura está representada a estrutura da cadeia de abastecimento obtida com a inclusão do novo centro de distribuição que servirá a totalidade dos novos grupos de clientes de tipo *trade*.

No âmbito da dissertação, foi necessária a parametrização desta nova estrutura de clientes e do novo centro de distribuição na ferramenta de trabalho SAP IBP. Para tal, foram criadas as combinações produto/fábrica/cliente, inseridos custos de transporte, custos comerciais, stocks de segurança, definidos os fluxos desde as fábricas produtoras até ao centro de distribuição e desde aí até aos clientes finais. Este processo será explicado em seguida.

4.2.1 Novas Combinações Fábrica / Produto / Cliente

Combinações Produto/Fábrica

Esta nova entidade “centro de distribuição” criada na ferramenta parametrizou-se como sendo uma nova fábrica que apenas recebe e envia material, não tendo associado qualquer recurso produtivo. A primeira tarefa a realizar foi a alteração e introdução das combinações possíveis de fábrica/produto nos dados mestre *Location Product* da ferramenta. Este dado fornece ao IBP a informação que um certo produto existe numa determinada localização. Existe ainda

um conjunto adicional de informações que deve ser inserido neste dado mestre tal como a sub-região a que esta combinação produto/fábrica pertence.

No âmbito do novo centro de distribuição, foram parametrizados 30 grupos de produtos neste dado mestre. Ou seja, do universo de grupos de materiais que existem no portefólio, 30 desses grupos terão fluxos para o centro de distribuição, e serão vendidos a clientes *trade* em Espanha.

O gráfico da Figura 14 apresenta a distribuição em percentagem de referências dos 30 grupos de produtos criados no âmbito do novo centro de distribuição.

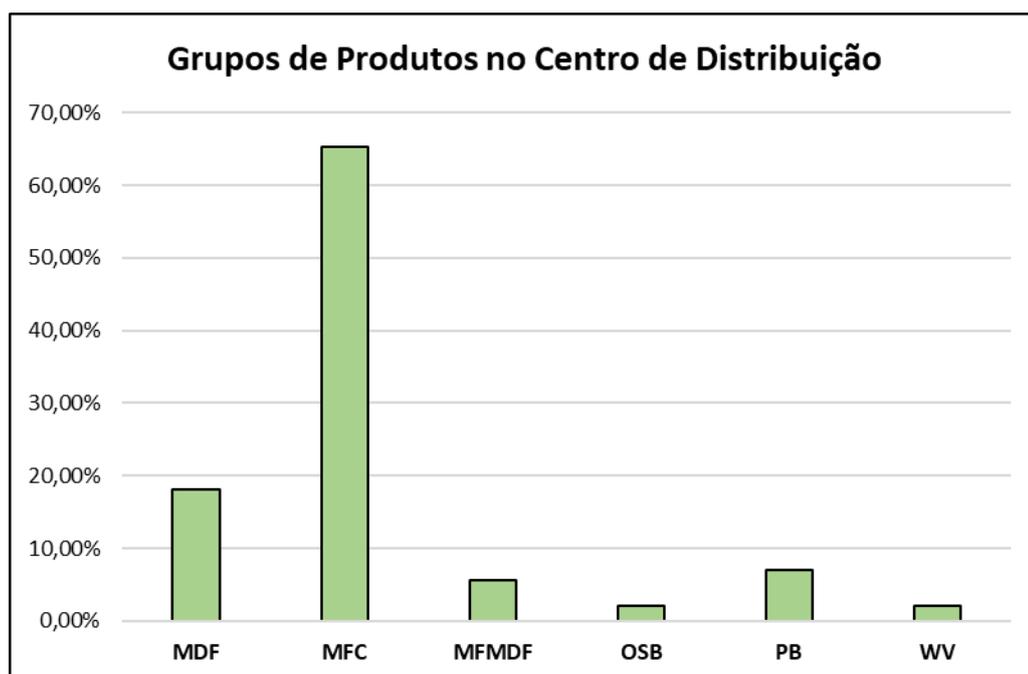


Figura 14 - Percentagem de Produtos no Centro de Distribuição

Combinações Fábrica Emissora/Fábrica Recetora/Produto

Criadas as combinações produto/fábrica, foi necessário indicar ao SAP IBP qual seria a fábrica produtora de cada um dos materiais que estará no centro de distribuição, definindo a combinação fábrica emissora/fábrica recetora/produto. Note-se que neste dado mestre a entidade “fábrica recetora” refere-se ao próprio centro de distribuição, visto que todo o fluxo de produtos para clientes *trade* em Espanha passará por lá antes de ser entregue ao cliente.

Neste dado mestre é possível também inserir qual o *lead time* que cada produto terá para ser transportado desde a fábrica produtora até ao centro de distribuição. Neste caso, como o *lead time* será menor que um mês (nível de planeamento da ferramenta), este valor foi parametrizado como sendo 0.

Um parâmetro muito importante aquando da definição deste fluxo é o rácio de fornecimento entre fábricas/centros de distribuição. Este rácio indica a quantidade (em percentagem) de um certo produto que é transportada entre fábricas por combinação fábrica emissora/fábrica recetora. Contudo, este foi definido apenas para a constituição de stock inicial no centro de distribuição, possibilitando ao algoritmo a optimização dos fluxos para esta entidade nos períodos seguintes. A Figura 15 ilustra o funcionamento dos rácios de fornecimento entre fábricas (ou centros distribuidores) para um determinado produto.

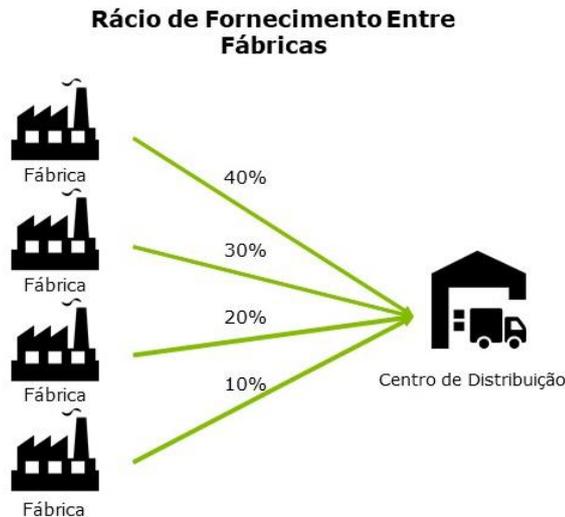


Figura 15 - Rácio de Fornecimento entre Fábricas/Centros de Distribuição

Combinações Produto/Fábrica/Cliente Inseridas

Os dados mestre *Customer Source* permitem definir os fluxos dos produtos desde a última entidade fornecedora (por exemplo, um centro de distribuição) até ao cliente. Neste sentido, foram criadas combinações cliente/produto/fábrica baseadas na informação já existente dos fluxos de material para os clientes *trade*. Neste caso, a entidade fábrica representa o novo centro de distribuição, variando apenas a entidade cliente e produto. Recorde-se que o reaprovisionamento do centro de distribuição pelas fábricas foi definido no dado mestre de *Location Source*, como descrito na secção anterior.

Neste dado mestre pode ainda definir-se o *lead time* desde a fábrica até ao cliente. Tal como no ponto acima, este valor parametrizou-se como sendo 0.

No que concerne o fornecimento aos clientes finais, o rácio de fornecimento entre fábricas e clientes determina a quantidade de um certo produto ou grupo de produtos que será servido a um determinado cliente por uma fábrica. Por exemplo, na situação representada na Figura 16, o centro de distribuição fornece 10% da quantidade de um certo produto àquele cliente. No caso dos clientes *trade* da Sonae Arauco, os valores deste rácio foram também parametrizados na ferramenta. Como apenas o centro de distribuição envia produtos a estes clientes, o rácio de fornecimento entre fábricas e clientes para todos os produtos comprados por clientes *trade* é igual a 100% para todas as combinações.

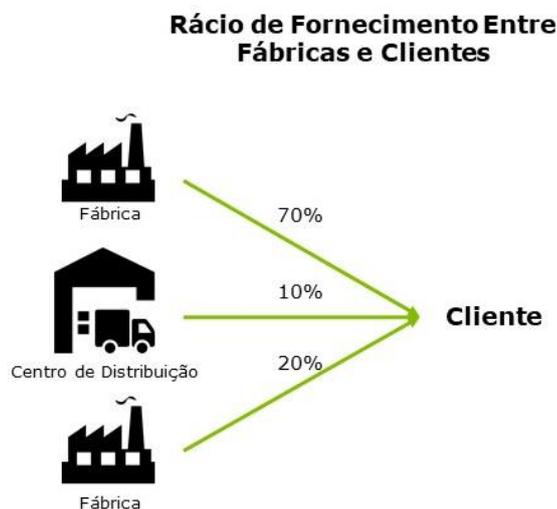


Figura 16 - Rácio de Fornecimento entre Fábricas e Clientes

4.2.2 Parametrização do Novo Centro de Distribuição para Clientes *Trade*

Os parâmetros inseridos para as novas entidades *trade* criadas e para o centro de distribuição foram:

- Custos de transporte (desde a fábrica até ao centro de distribuição e desde o centro de distribuição até ao cliente);
- Custos comerciais;
- Custos de não entrega;
- Stock de segurança, stock inicial e stock máximo;
- Custos de violação de stock de segurança;
- Variação máxima da quantidade fornecida em relação à procura (%);
- Custos de armazenagem.

Custos de Transporte (Fábrica - Centro de Distribuição e Centro de Distribuição – Cliente)

Estes custos de transporte estão associados a um novo fluxo de produtos que não existia na anterior estrutura da cadeia de abastecimento da região SWE da Sonae Arauco. Por isso, em conjunto com a equipa de planeamento dos transportes foi definida uma previsão para o custo em €/m³ de todas as unidades que passarão pelo novo centro de distribuição parametrizado. A lógica por detrás do cálculo destes custos de transporte é igual à descrita na subsecção 4.1.2, dependendo estes da rota, do produto e do volume a enviar. Alguns exemplos destes valores encontram-se na Tabela 7 e na Tabela 8. Neste caso, considerou-se que os custos inseridos não dependem do tipo de produto que se pretende enviar, sendo que a distinção é feita apenas pela entidade cliente. No futuro, deve ser feito um estudo deste custo incluindo a entidade produto, se assim se verificar a pertinência.

Tabela 7 - Custos de Transporte desde o Centro de Distribuição para os Clientes

Cliente	Fábrica Origem	Produto	Custo de Transporte
A Trade	Centro de Distribuição	Todos os Produtos	10,21
B Trade	Centro de Distribuição	Todos os Produtos	17,54
C Trade	Centro de Distribuição	Todos os Produtos	18,37
D Trade	Centro de Distribuição	Todos os Produtos	19,42

Como acontece para clientes de exportação, os valores representados nestas tabelas encontram-se enviesados em relação à realidade por motivos de confidencialidade das informações descritas.

Note-se que todos estes valores de custo de transporte estão representados em €/m³.

Tabela 8 - Custos de Transporte das Fábricas para o Centro de Distribuição

Fábrica Origem	Fábrica Destino	Produto	Custo de Transporte
Fábrica 1	Centro de Distribuição	Todos os Produtos	14,06
Fábrica 2	Centro de Distribuição	Todos os Produtos	13,97
Fábrica 3	Centro de Distribuição	Todos os Produtos	8,82
Fábrica 4	Centro de Distribuição	Todos os Produtos	7,65

Custos Comerciais

Tal como os custos comerciais associados à divisão dos clientes de exportação, estes custos para os clientes *trade* foram analisados e validados pelo departamento de controlo de gestão da Sonae Arauco. Encontram-se representados na Tabela 9 e dependem do tipo de produto e cliente final.

Tabela 9 - Custo Comercial Associado a Clientes *Trade*

Cliente	Custo Comercial Mínimo	Custo Comercial Máximo
A Trade	0,13 %	6,25%
B Trade	0,44 %	6,77 %
C Trade	0,71 %	3,56 %
D Trade	0,36 %	5,00 %

Custos de Não Entrega

À semelhança do que foi parametrizado para os clientes de exportação, na Sonae Arauco os custos de não entregar uma unidade procurada de um certo produto a um cliente correspondem ao preço de venda dessa mesma unidade. Estes valores são revistos e parametrizados mensalmente no processo de S&OP pelo *demand planner*.

Stock de Segurança, Stock Inicial e Stock Máximo

Os valores de stock de segurança e stock inicial inseridos na ferramenta resultam de uma análise feita pela equipa de *supply chain*, ainda antes do início deste projeto de dissertação. Foi realizada uma análise dos *SKU* vendidos regularmente para clientes *trade* durante um ano para se decidir quais os produtos que se pretendiam manter em stock no centro de distribuição. Posteriormente, o cálculo do stock do segurança foi feito utilizando a fórmula:

$$\text{Stock de Segurança} = \text{Fator de Segurança} \times \text{Desvio Padrão} \times \sqrt{\text{Lead Time}} \quad (4.1)$$

O *lead time* considerado foi de três semanas e fator de segurança foi de 95%.

O stock inicial na abertura do centro de distribuição foi calculado através da fórmula:

$$\text{Stock Inicial} = \text{Stock de Segurança} + \text{Stock de Ciclo} \quad (4.2)$$

O stock máximo total foi também parametrizado de acordo com as restrições de capacidade do próprio centro de distribuição. A distribuição dos stocks iniciais, de segurança e máximos

para cada um dos produtos associados a este centro foi definida mediante as previsões de vendas de cada um dos produtos.

Custos de Violação de Stock de Segurança

Os custos de violação de níveis de stock de segurança são valores inseridos na estrutura de dados do optimizador que permitem penalizar as violações dos níveis desejados de stock. Estes custos representam um valor fictício que permite guiar a ferramenta através das suas decisões. Isto é, se o custo de violação do stock de segurança for demasiado elevado, o optimizador tentará sempre gerar um plano de abastecimento que não viole esta restrição, sob pena de aumentar significativamente os custos totais que pretende minimizar.

Como a implementação deste centro de distribuição é um movimento estratégico para a empresa, foram parametrizados valores altos para os custos de violação do stock de segurança, com o objetivo de “forçar” a ferramenta a transportar volumes desde as fábricas para este centro. Desta maneira, o stock previsto em cada período será sempre superior ao stock de segurança, prevenindo eventuais roturas não desejadas.

Variação Máxima da Quantidade Fornecida em Relação à Procura (%)

Segundo a estratégia da empresa em apostar neste segmento de mercado, a variação máxima permitida da quantidade fornecida em relação à quantidade procurada que foi parametrizada na ferramenta é igual a 0%. Este valor significa que o optimizador vai tentar servir sempre a totalidade da quantidade que estes clientes podem comprar.

Custos de Armazenagem

Os custos de armazenagem, ou *inventory holding costs*, foram parametrizados na ferramenta pela primeira vez, associados apenas a este centro de distribuição. Como este não é detido pela Sonae Arauco e é gerido por uma empresa externa, existem custos diretos de armazenagem e manuseamento previamente acordados entre ambas as partes. Para o cálculo dos custos de armazenagem mensais a inserir no SAP IBP, foram considerados os seguintes parâmetros:

- Custos de Receção de Material;
- Custo de Envio de Material;
- Renda.

Neste sentido, foi criada uma projeção do custo/m³ de manter uma unidade de stock no centro de distribuição, para cada grupo de produtos em cada um dos meses contemplados no horizonte de planeamento. Na equação (4.3) apresenta-se a fórmula utilizada para esse efeito.

O custo de armazenagem de cada produto em cada mês é igual ao somatório da renda mensal com os valores a pagar por cada m³ recebido e enviado, dividido pelo volume total mensal em m³ existente no centro de distribuição. Neste sentido, e como a implementação deste centro ainda se encontra numa fase inicial, todos os custos de armazenagem foram considerados independentes do tipo de produto a manusear e transportar. No futuro, deve ser feito um estudo mais realista das diferenças entre cada um, para que se aproximem ainda mais estes valores da realidade do negócio.

Custo de Armazenagem por Produto por Mês

$$= (\text{Renda Mensal} + \text{Custo Mensal de Receção de Material} + \text{Custo Mensal de Envio de Material}) \div \text{Volume em m}^3 \quad (4.3)$$

4.2.3 Resultados Esperados da Parametrização do Novo Centro de Distribuição

Com a introdução do novo centro de distribuição para os produtos vendidos a clientes *trade*, a cadeia de abastecimento da Sonae Arauco revela-se ligeiramente diferente. Estima-se que o investimento nesta nova unidade logística traga diversos benefícios, tais como o aumento do nível de serviço aos clientes visados no âmbito desta implementação, e a diminuição do nível de stocks a manter nas fábricas dos produtos *make-to-stock*. A longo prazo, espera-se um crescimento no segmento *trade*, e conseqüentemente aumento na margem de contribuição dos produtos associados a este tipo de clientes.

5 O Valor da Reestruturação

Neste capítulo analisa-se a importância e a pertinência da reestruturação efetuada e descrita no capítulo 4. Como tal, foram criados cenários com diferentes parametrizações, tendo sido analisados à luz de alguns indicadores de performance relevantes para esse efeito. No final, comparam-se todos os cenários com a versão produtiva utilizada atualmente na empresa, inferindo-se ainda algumas conclusões sobre o comportamento da ferramenta.

5.1 Indicadores de Performance dos Planos Gerados

Depois de efetuadas as alterações na ferramenta, torna-se importante analisar os resultados obtidos através de diferentes métricas. Os indicadores utilizados para esse efeito foram os seguintes:

- Margem de Contribuição Geral;
- Quantidade Produzida;
- Quantidade Entregue ao Cliente;
- Nível de Stocks Total.

A análise da margem de contribuição constitui a ação mais importante desta fase do projeto, visto que é este indicador que se pretende melhorar com a reestruturação efetuada. Neste sentido, a margem de contribuição geral utilizada foi calculada do seguinte modo:

$$\begin{aligned}
 & \textit{Margem de Contribuição Geral} \\
 & = \textit{Receitas} - \textit{Custos de Produção Totais} \\
 & \quad - \textit{Custos de Transporte Totais} - \textit{Custos Comerciais Totais}
 \end{aligned}
 \tag{5.1}$$

O volume produzido é o somatório de todas as unidades em m³ produzidas em todas as linhas de produção das regiões SWE para todos os produtos, e a sua inclusão nesta análise visa compreender o efeito das alterações efetuadas ao nível da produção. A quantidade entregue ao cliente é a soma de todas as unidades (m³) fornecidas a clientes da região SWE e Exportação para todos os produtos. O nível de stocks total representa o somatório de todo o inventário mantido em unidades industriais ou de distribuição das regiões supracitadas. Estes dois últimos indicadores também serão utilizados para avaliar cada um dos cenários pois fornecem informações ao nível das percentagens de procura satisfeitas e das decisões do otimizador em constituir ou não stock, respetivamente.

5.2 Cenários Criados no SAP IBP

Após a parametrização do novo centro de distribuição na ferramenta, foram criados diferentes cenários para comparar os efeitos desta reestruturação.

Estes geraram-se a partir do plano de abastecimento gerado em junho de 2019, que possui como horizonte temporal de planeamento os meses de agosto, setembro e outubro. O mês de

julho incluiu-se nesta análise visto que todos os valores, combinações e fluxos relacionados com este foram validados no exercício de S&OP de junho.

Na Tabela 10 estão descritos todos os cenários que foram considerados para a análise de resultados dos pontos seguintes.

Tabela 10 - Cenários Criados no SAP IBP

Cenários Criados	Descrição
Versão Produtiva	Versão produtiva utilizada atualmente na Sonae Arauco
Cenário 2	Introdução de stocks de segurança calculados através da fórmula descrita na equação (4.1), bem como custos de armazenagem no centro de distribuição
Cenário 3	Rácios de fornecimento desde as fábricas para o centro de distribuição mantidos para todo o horizonte temporal
Cenário 4	Remoção dos stocks de segurança, custos de armazenagem, custos de violação de stock de segurança e variação máxima da quantidade fornecida em relação à procura (%) no centro de distribuição e para clientes <i>trade</i>

5.2.1 Descrição dos Cenários

Versão Produtiva Utilizada Atualmente na Sonae Arauco

Atualmente na Sonae Arauco utiliza-se a versão do SAP IBP sem custos de armazenagem parametrizados para qualquer uma das suas unidades industriais. No caso do centro de distribuição em questão, o stock de segurança está parametrizado como sendo o stock-alvo a manter com valores muito próximos do stock máximo, para que a ferramenta não permita roturas de inventário em qualquer um dos artigos. Consequentemente, os custos de violação do stock de segurança e stock máximo estão bastante elevados, para que este facto nunca deixe de se verificar.

Cenário 2: Stocks de Segurança e Custos de Armazenagem no Centro de Distribuição

O cenário 2 deriva da versão produtiva utilizada atualmente. Neste caso, foram introduzidos os valores de stock de segurança para o novo centro de distribuição calculados pela empresa através da fórmula explicada na equação (4.1). Foram também parametrizados os custos de armazenagem para todos os produtos existentes no centro de distribuição através do método descrito na equação (4.3).

Este cenário foi criado para compreender os efeitos da inclusão de novos parâmetros na estrutura de dados do otimizador. Com a adição dos custos de armazenagem e dos stocks de segurança corretos, pretende-se perceber qual será o impacto ao nível dos indicadores mencionados na secção 5.1.

Cenário 3: Rácios de Fornecimento para o Centro de Distribuição em todo o Horizonte Temporal

No terceiro cenário a analisar, que deriva igualmente da versão em produtivo, foram mantidos os rácios de fornecimento desde as fábricas para o centro de distribuição que tinham sido

parametrizados aquando do envio do stock inicial. Estes definem a quantidade em percentagem que vai ser transportada ao centro distribuidor para uma dada combinação produto/fábrica recetora. Na Tabela 11 encontram-se todos os rácios considerados.

Com este cenário, pretendeu-se fixar os rácios de fornecimento desde as fábricas até ao centro de distribuição e avaliar os impactos desta restrição no plano gerado pela ferramenta.

Tabela 11 - Rácios de Fornecimento Mantidos no Cenário 3

Grupo de Produtos	Fábrica 1	Fábrica 2	Fábrica 3	Fábrica 4
MDF	-	71,4%	-	28,6%
MFC	59,6%	-	34,6%	5,9%
MF MDF	87,5%	-	-	12,5%
OSB	-	-	-	100,0%
PB	100,0%	-	-	-
WV	-	100,0%	-	-

Cenário 4: Sem Stock de Segurança, Custos de Armazenagem, Custos de Violação de Stock de Segurança e Variação Máxima da Quantidade Fornecida em Relação à Procura (%)

Neste quarto cenário, o objetivo foi retirar todas as restrições parametrizadas associadas ao centro de distribuição e aos clientes *trade*. Neste sentido, foram colocados a 0 todos os valores de stock de segurança, custos de armazenagem e custos de violação de stock de segurança. Relativamente à variação máxima da quantidade fornecida em relação à procura, este valor parametrizou-se em 100%, libertando o algoritmo desta restrição.

Esta alteração foi realizada para compreender as reações do otimizador face a uma redução das restrições impostas, o que em teoria potencia uma verdadeira optimização. A ideia desta versão é também perceber se o plano gerado quando se retiram certas regras é realmente adequado à realidade da cadeia de valor.

5.3 Análise dos Resultados

A Tabela 12 apresenta todos os resultados obtidos para os quatro indicadores analisados, sendo apresentadas as diferenças face à versão produtiva utilizada atualmente na Sonae Arauco.

Tabela 12 - Comparação de Resultados entre Cenários

Cenário	Margem de Contribuição	Volume Produzido (m ³)	Stock (m ³)	Quantidade Entregue aos Clientes
Versão Produtiva	-	-	-	-
Cenário 2	44 381,5 €	-1323,8	-8829,4	-0,05%
Cenário 3	-33 176,6 €	-982,8	-194,2	0,01%
Cenário 4	284 270,3 €	1866,2	-2280,6	0,47%

No cenário 2, é possível perceber um aumento da margem de contribuição, uma redução do volume total produzido, uma diminuição grande dos stocks e um ligeiro decréscimo da quantidade fornecida aos clientes. A diminuição dos stocks em relação à versão produtiva deve-se à introdução dos stocks de segurança corretos e dos custos de armazenagem, que implicam que a ferramenta tente sempre minimizar a quantidade de cada grupo de produtos mantida no centro de distribuição. A diminuição do volume produzido deve-se igualmente à introdução dos custos de armazenagem. Como existem agora custos de inventário no optimizador, o algoritmo decide que não compensa produzir se depois se incorrem alguns custos no armazém. Quanto à redução da quantidade entregue aos clientes, este facto pode dever-se à introdução do parâmetro de variação máxima da quantidade fornecida em relação à procura. Como descrito na secção 4.2.2, a variação permitida foi de 0%, implicando que o optimizador tentará sempre fornecer a totalidade da procura. Se se considerar que o segmento de clientes *trade* possui melhores margens de contribuição por venda, explica-se também o aumento da margem de contribuição global, como se verifica na Figura 17.

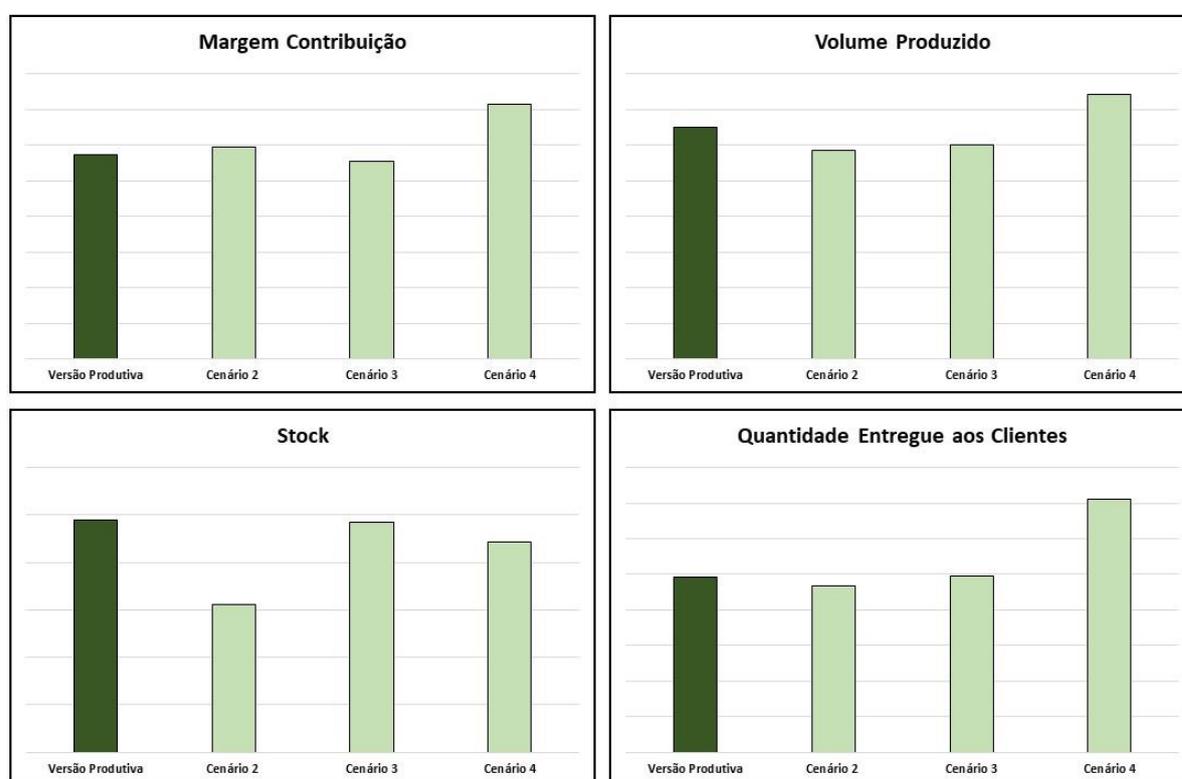


Figura 17 - Análise dos Cenários Criados

O cenário 3 apresenta um panorama substancialmente diferente. Em relação à versão produtiva, este cenário apresenta margens de contribuição inferiores, que podem ser explicadas pela restrição de reaprovisionamento do centro de distribuição. Ao definir-se que o centro será sempre servido pelas fábricas segundo uma certa quota, pode estar a perder-se uma oportunidade de optimização relativamente a este fluxo. A quantidade de stock mantido em todas as entidades é relativamente semelhante, pois não existem diferenças nos parâmetros que definem o inventário.

Por fim, o cenário 4 é o que mais difere da versão produtiva. Como foram retiradas todas as limitações de stock de segurança, custos de armazenagem, custos de violação de níveis de inventário e as variações máximas das quantidades fornecidas em relação à procura, a ferramenta gera um plano que optimiza a margem de contribuição global, os níveis de stocks e as quantidades produzidas e fornecidas aos clientes, pois deixa de considerar algumas restrições essenciais no negócio. Isto é, quando se analisa em detalhe o *output* deste plano, percebe-se, por exemplo, que em alguns dos meses os níveis de stock no centro de

distribuição estão muito altos, ultrapassando mesmo a capacidade máxima real do espaço físico. Percebe-se, então, que quanto menos regras se impõe a um algoritmo de optimização, melhor será o valor da função objetivo. Contudo, algumas restrições são cruciais para aproximar o mais possível o plano gerado pela ferramenta com a realidade do negócio, sendo este facto a razão da inviabilidade da implementação do cenário 4. A inexistência na ferramenta das restrições supracitadas impossibilita a geração de um plano de abastecimento fidedigno e coerente com a realidade da cadeia de valor.

A Figura 17 e a Tabela 12 permitem uma fácil percepção dos resultados obtidos com a reestruturação do módulo de optimização. Analisados todos os cenários relativamente à versão produtiva utilizada atualmente, conclui-se que a introdução dos parâmetros de stock de segurança e custos de armazenagem potencia um aumento da margem de contribuição, uma redução significativa dos níveis de inventário globais e apenas um ligeiro decréscimo da quantidade entregue aos clientes, que pode ser explicado pelo facto de se terem redireccionado as prioridades da ferramenta de optimização aquando da geração do plano de abastecimento. Sendo assim, é possível afirmar que o cenário 2 deve ser adotado na empresa, recomendando-se ainda a parametrização dos custos de inventário para todas as unidades fabris e de distribuição presentes na ferramenta para todas as regiões de produção.

Em resumo, todos os cenários criados permitiram obter informações relevantes acerca do comportamento da ferramenta relativamente às alterações implementadas na sua estrutura de dados. Embora os quatro indicadores ajudem a desenhar e a inferir qual dos cenários deve ser implementado, existem ainda outros fatores que não foram contemplados na análise realizada. Um desses fatores é o nível de serviço que se pretende atingir para a nova estrutura de clientes *trade*, através do centro de distribuição. A empresa pretende aumentar o seu volume de vendas neste segmento, e pretende atingir esse objetivo oferecendo rapidez de resposta e disponibilidade constante de produto.

No capítulo 6 encontram-se expostas as conclusões gerais e as aprendizagens obtidas em todo o processo associado ao projeto presente neste documento, apresentando-se algumas propostas de melhoria à estrutura e funcionamento do optimizador.

6 Conclusões, Propostas de Melhoria e Trabalho Futuro

O processo de *Sales and Operations Planning* é globalmente reconhecido pela literatura como uma ferramenta de trabalho essencial para o alinhamento de objetivos de negócio entre as distintas áreas que compõe a estrutura de uma empresa. No que toca às empresas da indústria transformadora como a Sonae Arauco, este processo agiganta a sua importância, tornando-se parte vital do planeamento do negócio a médio ou longo prazo. Os objetivos do S&OP na Sonae Arauco são o alinhamento de toda a organização em função de um determinado conjunto de valores, e a geração do plano de vendas e respetivo plano de abastecimento associado. Para a definição deste último, a empresa utiliza uma ferramenta de otimização que permite calcular e retornar a melhor estrutura para a cadeia de valor no horizonte de planeamento pretendido. Consequentemente, esta ferramenta foi analisada e reestruturada no contexto desta dissertação de mestrado.

Após a reestruturação e análise dos *outputs* descritos respetivamente nos capítulos 4 e 5 deste documento, retiram-se naturalmente algumas conclusões:

- A nova estrutura de clientes *trade* permite à empresa focalizar e planear recursos a assignar a esse segmento de mercado, tendo como objetivo último o crescimento em volume de vendas a estes clientes e, consequentemente, um aumento da margem de contribuição global. Para isso, a implementação do novo centro de distribuição que servirá estes compradores é pertinente, visto que aumentará também a capacidade de resposta e do nível de serviço associado.
- O facto de não existirem parametrizados custos de armazenagem associados a qualquer uma das unidades fabris ou de distribuição da Sonae Arauco implica que, aquando da criação do plano de produção e abastecimento, a ferramenta SAP IBP não terá em consideração esta restrição. Este fenómeno tem como consequência direta o aumento de stocks até aos níveis permitidos, visto que o custo de manutenção desse inventário na ferramenta é nulo. No entanto, este facto não é necessariamente verdade na realidade do negócio.
- Alinhando com a informação do ponto imediatamente anterior, é possível concluir através dos testes realizados que a parametrização com valores altos dos custos de violação de níveis de inventário em cada fábrica ou centro de distribuição tem como consequência direta o constrangimento da variação de stocks permitida ao otimizador e, consequentemente, a efetiva otimização desses níveis. Naturalmente, esta parametrização restringe o leque de possibilidades de decisão da ferramenta.

Considerando as conclusões inferidas do funcionamento do otimizador e da análise dos cenários criados, apresentam-se agora algumas propostas de melhoria e trabalho futuro:

- Relativamente aos custos de armazenagem, deve ser efetuado um estudo para todas as unidades onde se mantém stock na estrutura da cadeia de abastecimento da empresa, e devem ser parametrizados estes valores na estrutura de dados do otimizador.

Possuindo esta informação, o algoritmo pode gerar planos diferentes, que permitam otimizar os fluxos da cadeia de abastecimento.

- Os custos de violação dos níveis de inventário devem ser parametrizados de acordo com o impacto financeiro real desse fenómeno para, mais uma vez, oferecer à ferramenta informações que estejam de acordo com a realidade.
- Na versão produtiva utilizada na Sonae Arauco, todos os custos considerados pela função objetivo do otimizador possuem um coeficiente de peso atribuído com o valor de uma unidade. Isto significa que, para o cálculo dessa função, a ferramenta considera que todos os custos possuem a mesma importância aquando da geração do plano de abastecimento. Este facto não é necessariamente verdade, e deve ser feito um estudo e uma reestruturação destes mesmos coeficientes, com o objetivo de melhorar os planos gerados pelo *SAP IBP for Response & Supply*.

Mediante o exposto, conclui-se que a ferramenta analisada neste documento é bastante útil quando integrada no processo de S&OP de uma empresa, como é o caso da Sonae Arauco. A sua capacidade de geração de planos e cenários diferentes para um dado conjunto de restrições da cadeia de abastecimento permite que se tomem decisões rápidas baseadas em informações fidedignas e atualizadas, servindo de suporte a todo o planeamento de vendas e operações.

Referências

- Affonso, R., F. Marcotte, and B. Grabot. 2008. "Sales and Operations Planning: The Supply Chain Pillar." *Production Planning and Control* 19 (2): 132–41.
- Anthony, Robert N. 1965. *Planning and Control Systems: A Framework for Analysis*. Harvard University, Boston, MA.
- Apics. 2012. "S&OP Performance Folio - Advancing Sales and Operations Planning," 1–24.
- Fleischmann, Bernhard, Herbert Meyr, and Michael Wagner. 2008. "Advanced Planning." In *Supply Chain Management and Advanced Planning (Fourth Edition): Concepts, Models, Software, and Case Studies*.
- Grimson, J. Andrew, and David F. Pyke. 2007. "Sales and Operations Planning: An Exploratory Study and Framework." *The International Journal of Logistics Management* 18 (3): 322–46.
- Harrington, Liam. 2008. "Successful S&OP through Integrated Business Planning." *Oliver Wight*.
- Hawkes, Harry, Abhishek Malhotra, and Curt Mueller. 2009. "A Fresh Look at Sales and Operations Planning." *Booz & Co. Perspective*, 1–10.
- Holm, Thomas, Søren Skjødt, and Connie Gudum. 2014. "Sales & Operations Planning - Handbook." *Implement Consulting Group*.
- Ivert, Linea Kjellsdotter, and Patrik Jonsson. 2010. "The Potential Benefits of Advanced Planning and Scheduling Systems in Sales and Operations Planning." *Industrial Management and Data Systems*.
- Kepczynski, Robert, Raghav Jandhyala, Ganesh Sankaran, and Alecsandra Dimofte. 2018. *Integrated Business Planning: How to Integrate Planning Processes, Organizational Structures and Capabilities, and Leverage SAP IBP Technology*.
- Lapide, Larry. 2004a. "Sales and Operations Planning Part I: The Process." *Journal of Business Forecasting* 23 (4): 18–20.
- . 2004b. "Sales and Operations Planning Part II: Enabling Technology." *Journal of Business Forecasting*, 8–10.
- Ling, Dick, and Andy Coldrick. 2009. "Breakthrough Sales & Operations Planning : How We Developed the Process," no. December: 1–39.
- Loshin, David. 2009. *Master Data Management. Master Data Management*.
- Meyr, Herbert, Michael Wagner, and Jens Rohde. 2008. "Structure of Advanced Planning Systems." In *Supply Chain Management and Advanced Planning (Fourth Edition): Concepts, Models, Software, and Case Studies*.
- Rohde, Jens, and Michael Wagner. 2008. "Master Planning." In *Supply Chain Management and Advanced Planning (Fourth Edition): Concepts, Models, Software, and Case*

Studies.

- SAP. 2019. “Time-Series-Based Supply Planning Optimizer - SAP Help Portal.” 2019. <https://help.sap.com/viewer/feae3cea3cc549aaa9d9de7d363a83e6/1902/en-US/26c840553ebe8518e10000000a423f68.html>.
- Shedlawski, Joe. 2016. “APICS S&OP PERFORMANCE - ADVANCING SALES AND OPERATIONS PLANNING.”
- Sonae Arauco. 2019. “História | Sonae Arauco.” 2019. https://www.sonaearauco.com/pt/empresa/quem-somos_2455.html.
- Thomé, Antônio Márcio Tavares, Luiz Felipe Scavarda, Nicole Suella Fernandez, and Annibal José Scavarda. 2012. “Sales and Operations Planning: A Research Synthesis.” *International Journal of Production Economics* 138 (1): 1–13.
- Wagner, Michael. 2005. “Demand Planning.” In *Supply Chain Management and Advanced Planning (Third Edition): Concepts, Models, Software and Case Studies*.

ANEXO A: Dados Mestre da Ferramenta SAP IBP

Na Tabela 13 encontram-se descritos os dados mais relevantes a inserir em cada conjunto de dados mestre da ferramenta SAP IBP.

Tabela 13 – Descrição dos Dados Mestre da Ferramenta SAP IBP

Nome	Dados Relevantes
<i>Customer</i>	Grupo, País, Zona, Tipo e ID de Cliente
<i>Location</i>	Região, Nome e ID de Fábrica / Centro de distribuição
<i>Ship-from Location</i>	Região, Nome e ID de Fábrica/Centro de distribuição Emissor
<i>Ship-to Location</i>	Região, Nome e ID de Fábrica/Centro de distribuição Recetor
<i>Product</i>	Grupo, Família, Descritivo e ID de Produto
<i>Component</i>	Grupo, Família, Descritivo e ID de Produto Componente
<i>Output Product</i>	ID de Componente, ID de Produto

<i>Resource</i>	Nome e ID de Recurso
<i>Location Resource</i>	ID de Recurso, ID de Fábrica
<i>Location Product Resource</i>	ID de Recurso, ID de Fábrica, ID de Produto e Capacidade Utilizada de Manuseamento por Produto na combinação Recurso / Fábrica
<i>Customer Source of Supply</i>	ID de Cliente, ID de Produto, ID de Fábrica / Centro de Distribuição, Rácio de Fornecimento entre Fábricas/Centros de Distribuição e Clientes
<i>Customer Source Validity</i>	ID de Cliente, ID de Produto, ID de Fábrica / Centro de Distribuição e Validade da Linha de Fornecimento para a combinação Cliente/Produto/Fábrica
<i>Location Source of Supply</i>	ID de Fábrica / Centro de distribuição, ID de Fábrica/Centro de distribuição Emissor, ID de Produto, Rácio de Fornecimento entre Fábricas/Centros de Distribuição, <i>lead time</i> e tamanho mínimo e máximo de lote.
<i>Location Source Validity</i>	ID de Fábrica/Centro de distribuição Emissor, ID de Produto, ID de Fábrica / Centro de Distribuição e Validade da Linha de Fornecimento para a combinação Fábrica Emissora/Produto/Fábrica
<i>Production Source of Supply</i>	ID de Fábrica, ID de Recurso, ID de Produto
<i>Production Source Validity</i>	ID de Fábrica, ID de Recurso, ID de Produto, Validade Temporal da Combinação Recurso/Produto
<i>Production Source Resource</i>	ID de Fábrica, ID de Recurso, ID de Produto, Capacidade Produtiva do Recurso Consumida para cada Produto em cada Fábrica
<i>Location Product</i>	ID de Produto, ID de Fábrica/Centro de Distribuição

<i>Product Substitution</i>	ID de Produto, ID de Produto Substituto
<i>Customer Product</i>	ID de Cliente, ID de Produto

ANEXO B: Exemplos de *Outputs* do SAP IBP



Figura 18 - *Output*: Análise de Quantidade Procurada vs. Quantidade Fornecida

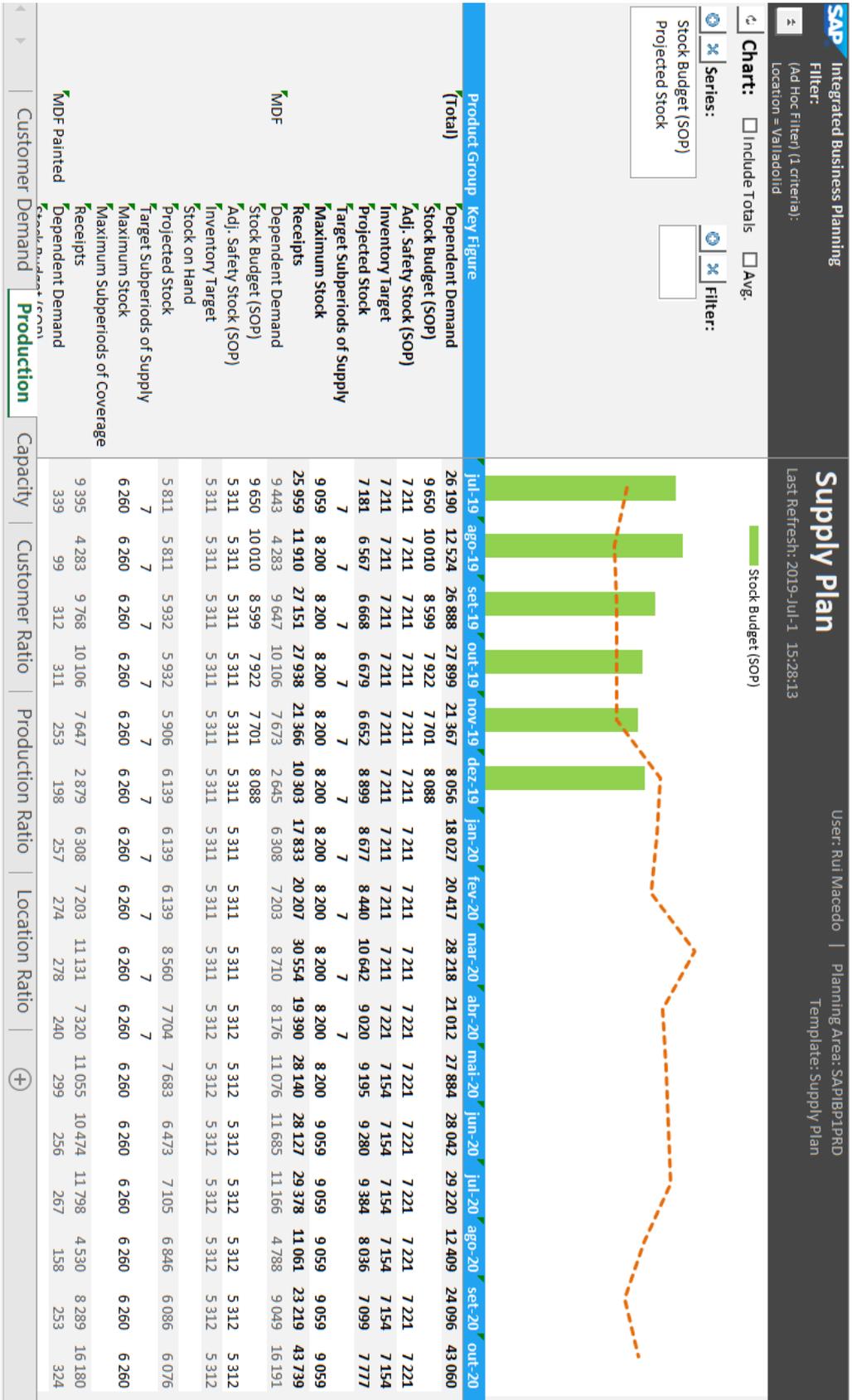


Figura 19 - Output: Análise de Stocks



Figura 20 - Output: Análise de Capacidade Produtiva Utilizada