



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE  
NÚCLEO DE TECNOLOGIA  
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

DANIEL REINAN GOMES DA SILVA

**MODELO DE SELEÇÃO DE PORTFÓLIO DE PROJETOS DE MELHORIA NO  
SETOR PRODUTIVO: um estudo de caso em uma empresa do mercado vidreiro do  
nordeste**

Caruaru

2021

DANIEL REINAN GOMES DA SILVA

**MODELO DE SELEÇÃO DE PORTFÓLIO DE PROJETOS DE MELHORIA NO SETOR PRODUTIVO: um estudo de caso em uma empresa do mercado vidreiro do nordeste**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

**Área de concentração:** Pesquisa Operacional.

**Orientador:** Prof<sup>o</sup>. Dr. Jonatas Araújo de Almeida.

Caruaru

2021

Catálogo na fonte:  
Bibliotecária – Simone Xavier - CRB/4 - 1242

S586m Silva, Daniel Reinan Gomes da.  
Modelo de seleção de portfólio de projetos de melhoria no setor produtivo: um estudo de caso em uma empresa do mercado vidreiro do Nordeste. / Daniel Reinan Gomes da Silva. – 2021.  
53 f. ; il. : 30 cm.

Orientador: Jonatas Araújo de Almeida.  
Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Federal de Pernambuco, CAA, Engenharia de Produção, 2021.  
Inclui Referências.

1. Vidro - Indústria. 2. Investimentos. 3. Gestão de informação. 4. Multicritério 5. Tomada de decisão. 6. Projetos – análise. I. Almeida, Jonatas Araújo de (Orientador). II. Título.

CDD 658.5 (23. ed.)

UFPE (CAA 2021-015)

DANIEL REINAN GOMES DA SILVA

**MODELO DE SELEÇÃO DE PORTFÓLIO DE PROJETOS DE MELHORIA NO SETOR PRODUTIVO: um estudo de caso em uma empresa do mercado vidreiro do nordeste**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Aprovada em: 20/03/2021.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof<sup>o</sup>. Dr. Jonatas Araújo de Almeida  
*Universidade Federal de Pernambuco - UFPE*

---

Prof<sup>a</sup>. Dr. Marina Dantas de Oliveira Duarte  
*Universidade Federal de Pernambuco - UFPE*

---

Prof<sup>a</sup>. Layra Nayara Damascena de Lima de Almeida, M.Sc.  
*Universidade Federal de Pernambuco - UFPE*

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer ao meu Deus por tudo, pela inteligência e desenvoltura que me deu e tem me dado para ingressar e concluir o curso de Engenharia de Produção, pois foi dele que veio toda a força e coragem para levantar pelas manhãs e estudar ou trabalhar.

Meus pais jamais poderiam ficar de fora desta seção de gratidão, pois não seria possível trilhar esse caminho sem Giselda Gomes da Silva e Israel Inácio da Silva (in memoriam). Eles se sacrificaram para que eu me dedicasse exclusivamente aos estudos, e isso sem dúvida foi uma das maiores provas de amor que eu já vi. Gostaria, meu pai, que o senhor estivesse aqui para poder compartilhar comigo este momento de gratidão e louvor, mas sei que do céu estás sempre torcendo por mim e me ajudando a superar todas as dificuldades.

Também gostaria de agradecer a todos os docentes da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), em especial ao meu orientador, que se mostrou uma pessoa especial e ajudadora e sempre foi um exemplo de integridade e competência em todas as suas ações. Aos amigos que formei na Universidade o meu muito obrigado. Com destaque para o mestrando Solon Geórgenes que muito me ajudou durante toda a graduação. Todos tem uma parcela de importância nesta conquista e levarei todo o carinho para a minha vida profissional.

## RESUMO

No contexto de competitividade do mercado as empresas estão buscando cada vez mais se adequar as necessidades dos clientes para aumentar sua credibilidade e se destacar relação aos seus concorrentes. No ambiente fabril se adequar as necessidades do cliente indica um problema de decisão que engloba várias variáveis, sendo muitas vezes preciso interferir em sua atividade produtiva através de investimentos escolhidos de maneira correta, investimentos que tragam melhores resultados e que se adequem ao propósito da organização a longo prazo. O mercado vidreiro é um exemplo de ambiente onde as decisões sobre onde investir são diversas e a solução para este problema precisa ser dada o quanto antes. Este trabalho propõe um modelo para tratar o problema de seleção de projetos de melhoria que usa o Value Focused Thinking (VFT), como modelo de estruturação de problemas, integrado com a análise de dados fabris e um método multicritério com o uso do SMATRS para a geração dos pesos e programação inteira binária para seleção de portfólio de projetos. Um estudo de caso foi realizado em uma empresa do ramo vidreiro do nordeste brasileiro, demonstrando a aplicabilidade do VFT para estruturar um problema que permita a elaboração de modelo mais adequado à realidade e aos objetivos que agregam valor para o tomador de decisão. Uma análise de sensibilidade mostrou que mesmo para variações de 20% nos pesos dos critérios, a solução se manteve bastante robusta.

Palavras-chave: Indústria Vidreira. Geração de informação. Seleção de Portfólio de Projetos. Métodos Multicritério. Tomada de Decisão. Value Focused Thinking.

## **ABSTRACT**

In the market competitiveness context, companies are increasingly seeking to adapt to the needs of customers in order to increase their credibility and that of their competitors. In the manufacturing environment, adapt to the client's needs indicates a decision problem that encompasses several variables, and it is often necessary to interfere in their productive activity through investments chosen correctly, investments that bring better results and that are adapted to the organization's purpose in the long term. The glass market is an example of an environment in which decisions about where to invest are diverse and the solution to this problem needs to be given as soon as possible. This work proposes a model to deal with the problem of selecting improvement projects by applying Value Focused Thinking (VFT) integrated with the analysis of factory data and a multicriteria method using SMATRS for the generation of weights and binary integer programming for project portfolio selection. A case study was carried out in a glass industry in northeastern Brazil, demonstrating the applicability of the VFT to structure a problem that allows the elaboration of a model more appropriate to the reality and to the objectives that add value to the decision maker. A sensitivity analysis showed that even for variations of 20% in the criteria weights, the solution remained quite robust.

**Keywords:** Glass Industry. Information Generation. Project Portfolio Selection. Multicriteria Methods. Decision Making. Value Focused Thinking.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>10</b>
2.1	<i>Objetivo Geral</i> .....	10
2.2	<i>Objetivos Específicos</i> .....	11
<b>3</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO E REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	<b>11</b>
3.1	<i>Seleção de Projetos</i> .....	11
3.2	<i>A Estruturação dos Problemas e o Value Focused Thinking (VFT)</i> .....	12
3.3	<i>Ferramentas da Qualidade e Processamento de Dados para Apoio à Decisão</i> .....	15
3.4	<i>Modelos Multicritério para a Tomada de Decisão</i> .....	16
3.4.1	<i>Simple Multi-Attribute Rating Technique (SMARTS) e Simple Multi-Attribute Rating Technique using Exploiting Rankings (SMARTER)</i> .....	18
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>20</b>
<b>5</b>	<b>APLICAÇÃO DO MODELO</b> .....	<b>22</b>
5.1	<i>Descrição da Empresa</i> .....	22
5.1.1	<i>Descrição do Processo de Produção</i> .....	23
5.2	<i>Fase 1: Aplicação do VFT na fase de inteligência</i> .....	24
5.2.1	<i>Identificação e Classificação dos Objetivos</i> .....	24
5.2.2	<i>Geração de Informação</i> .....	26
5.2.3	<i>Geração de Alternativas</i> .....	35
5.3	<i>Fase 2: Modelo de Decisão Multicritério com o uso do SMARTS</i> .....	37
5.3.1	<i>Definição dos critérios</i> .....	37
5.3.2	<i>Ordem de Preferência dos Critérios</i> .....	38
5.3.3	<i>Procedimento de Swing para estabelecimento dos pesos</i> .....	38
5.3.4	<i>Valor Global das Alternativas por Agregação Aditiva</i> .....	39

5.3.5	<i>Valor Global dos Portfólios</i> .....	40
5.3.6	<i>Solução e Análise de Sensibilidade</i> .....	41
<b>6</b>	<b>RESULTADOS E CONCLUSÃO</b> .....	<b>42</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>43</b>
	<b>APÊNDICE A - TIPOS DE MATERIA-PRIMA E GRUPOS</b> .....	<b>48</b>
	<b>APÊNDICE B - PRODUÇÃO E PERDA POR TIPO DE MATERIAL</b> .....	<b>50</b>
	<b>APÊNDICE C - ATIVIDADES DE IMPORTÂNCIA NO PROCESSO</b> .....	<b>52</b>

## 1 INTRODUÇÃO

As empresas do ramo vidreiro trabalham com itens customizados, por isso têm buscado cada vez mais se adequar às perspectivas do cliente, e muitas vezes a dinamicidade dos requisitos dos consumidores vai de encontro à estagnação dos processos produtivos dos seus bens ou serviços. Segundo a Associação Brasileira de Distribuidores e Processadores de Vidros Planos (ABRAVIDRO) o número de indústrias transformadoras de vidro vem crescendo, desde 2016 o número é superior a quinhentos processadores de vidro plano, distribuídos em todo o território nacional. Nesse contexto, Nascimento *et al.* (2018) cita a qualidade do produto e no atendimento como necessária para a empresa se manter próspera e competitiva no mercado, sendo primordial para o sucesso empresarial. Para que tal cenário seja alcançado, é necessário garantir a satisfação dos clientes em relação aos produtos ou serviços fornecidos. Segundo Lima (2007), garantir a satisfação de quem recebe o produto é um compromisso de avaliação contínua, demandando mudança organizacional baseada em grande esforço de educação e treinamento de pessoas. Essas mudanças organizacionais afetam, além da filosofia de trabalho, também o ambiente físico de trabalho e uma maneira de analisá-las e selecioná-las é por meio de uma abordagem de criação de projetos, que criados de uma maneira estruturada atendam aos objetivos estratégicos.

Esses projetos precisam ser avaliados em alguns pontos importantes para o decisor, denominados critérios, que são encontrados de várias formas. Posteriormente os projetos são comparados entre si sendo pontuados em uma mesma métrica dentro de cada critério, possibilitando o entendimento da relação de preferência de um projeto sobre o outro, e através de um modelo de agregação pode ser obtido o valor global de cada projeto para a escolha de um ou mais deles, o(s) qual(ais) será(ão) aplicado(s) por melhor adaptar-se as preferências da organização. Cada alternativa a ser escolhida tem sua contribuição para a empresa que a detém, no entanto, restrições como tempo de execução destes projetos, espaço físico e orçamento disponível, limitam a escolha livre destes projetos. A alocação dos recursos para cada ação junto com a melhor maneira de fazer cada coisa fazem parte da busca contínua para o desenvolvimento organizacional (PALADINI, 2012).

O sucesso organizacional pode ser alcançado pela manipulação eficiente dos dados, são eles que dizem como anda o processo produtivo e possibilitam a geração de informação que é um recurso valioso para o negócio, pois essas informações podem alertar acerca de problemas e também acerca de oportunidades. Segundo Pacheco (2013), a acurácia da informação é um atributo

essencial para a tomada de decisão no ambiente organizacional, Pacheco *et al.* (2013) mostrou que os dados podem ser usados como ferramenta para tomada de decisão, através da técnica de mineração de dados e Silva *et al.* (2011) menciona que observações fatídicas e informações são base para avaliar qual decisão tomar. No entanto, muitas vezes os dados são encontrados em alto volume por isso eles precisam ser processados, devido à parte desses dados não estarem aptos a serem usados.

Além destes pontos citados acima, a preocupação com o impacto ambiental tem sido cada vez mais presente. Essa preocupação varia de contexto para contexto, em Silva *et al.* (2011) a preocupação com meio ambiente foi integrada ao processo decisório como critério pré-estabelecido, Luz *et al.* (2006) estudou o impacto ambiental em um processo manufatureiro especificando indicadores e avaliando estes de maneira hierárquica segundo a importância de cada um. Isso mostra a importância de incluir tais pontos na tomada de decisão, muitas vezes estes podem ser esquecidos e a alternativa selecionada pode não atender as preferências do decisor para o dado problema.

A preocupação em incluir essas perspectivas de qualidade e meio ambiente no direcionamento estratégico da organização e estruturar das decisões a serem tomadas pode contribuir para a competitividade do negócio, preparar a organização para futuras mudanças no mercado e auxiliá-la em conquistar potenciais clientes. As próximas seções deste trabalho são organizadas em: Objetivo geral e Específicos do trabalho, Referencial Teórico e Revisão da Literatura, Metodologia do trabalho, Aplicação do modelo em um estudo de caso, Referências utilizadas e Apêndices.

## **2 OBJETIVOS**

### ***2.1 Objetivo Geral***

Este trabalho tem o objetivo de avaliar os problemas no processo de produção de uma empresa do ramo vidraceiro que atende todo o nordeste brasileiro e também os estados do Pará e Tocantins, e com base nesses problemas e valores organizacionais estruturar o problema de seleção de projetos, e fornecer uma recomendação através de um modelo de decisão multicritério que pode ser replicado a outras empresas.

## ***2.2 Objetivos Específicos***

- Desenvolver uma fundamentação teórica acerca do o estudo;
- Estabelecer contato com a empresa;
- Identificar e analisar os problemas associados à produção;
- Estruturar o problema de decisão baseado no valor, usando o VFT;
- Desenvolver um modelo de decisão multicritério
- Aplicar um modelo de decisão em uma empresa do ramo vidreiro;
- Interpretar os resultados;
- Analisar a robustez do modelo.

## **3 REFERENCIAL TEÓRICO E REVISÃO DA LITERATURA**

### ***3.1 Seleção de Projetos***

Um projeto está bem definido no PMBOK como o esforço temporário para gerar um bem ou serviço único (PMI, 2004). Mas também pode ser descrito como uma proposta de ação que pode ou não ser implantada, esta ação tem uma programação para o seu início e fim, uma estimativa de recursos a serem utilizados e, por fim, tem-se um resultado único. A seleção de projeto ou de um conjunto de projetos (portfólio) pode ser usada pra vários propósitos, dentre eles, está a melhoria dos processos e a adequação do processo a requisitos impostos pelo cenário competitivo.

Mas esta seleção é uma tarefa árdua, é necessário avaliar vários atributos para que um projeto seja bem sucedido, sendo essa uma das principais dificuldades. Almeida (2013) enfatiza esse tipo de problemática no contexto das organizações, onde se tem objetivos em métricas diferentes e sugere uma representação simplificada do problema, com os critérios considerados importantes para o tomador de decisão. Segundo Cooke-Davies (2002) projetos bem sucedidos são aqueles cujos resultados atendam as expectativas das partes interessadas.

A seleção precisa auxiliar em um ganho estratégico, por potencializar as chances dos resultados dos projetos estarem dentro das expectativas das partes interessadas e ainda possibilitar o alinhamento de objetivos departamentais com os estratégicos (ABUABARA *ET AL.*, 2018). A literatura também aborda alguns recursos limitantes que impedem a escolha de todos os projetos, como por exemplo a restrição orçamentária, mas podem haver outras Almeida (2013). Keeney

(1996) já observava que um modelo de decisão bem estruturado possibilita a escolha das melhores alternativas, e com isso os recursos críticos seriam melhor alocados.

A literatura é muito abrangente acerca de modelos e situações de seleção de projetos. RezaHoseni (2020) traz uma abordagem de seleção e programação de portfólio de projetos com dependência de tempo e restrições orçamentárias, Miranda *et al.* (2021) analisou critérios para selecionar alternativas de projetos públicos, Mavrotas (2020) propõe um método com Análise Multicritério, Programação Matemática e Simulação de Monte Carlo para seleção de Portfólio de projetos de Pesquisa e desenvolvimento, aplicando o modelo na Grécia. A seleção de projetos na indústria está mais voltada a deleção de fornecedores, como em Zolghadri *et al.* (2011) e Zhou *et al.* (2018), ou voltada a pesquisa e desenvolvimento (P&D), como nos trabalhos de: Chu *et al.* (1996), Liu *et al.* (2019), Mavrotas (2020) e Hesarsorkh *et al.* (2021).

### **3.2 A Estruturação dos Problemas e o Value Focused Thinking (VFT)**

Ao se falar de problemas nas organizações não é difícil enxergar que cada problema tem causas, e essas causas têm potenciais soluções, e cada organização tem suas restrições, pois nem sempre se está livre para implantar todas as potenciais soluções visando resolver estes problemas. A tomada de decisão através apenas da experiência pode trazer risco, por conta da complexidade dos problemas organizacionais, principalmente as tomadas no nível estratégico. Almeida (2013) reforça a importância de um modelo bem estruturado de tomada de decisão, citando a competitividade da organização como reflexo do desempenho dos decisores, e isto tem forte ligação com a forma que os problemas são analisados.

Sabendo deste papel importante no nível estratégico, nota-se que quando um modelo de decisão retorna um resultado não satisfatório, a falha no modelo pode estar na forma como o problema foi estruturado, isso traz uma gama de problemas na estrutura do processo decisório.

Conhecer bem o problema é um fator importante. Morais *et al.* (2012) reforçam que na estruturação dos problemas deve-se previamente estudar o contexto da decisão, antes mesmo do levantamento dos objetivos. Mesmo depois de conhecer o problema e definir os objetivos a serem alcançados, a geração das alternativas é parte decisiva no processo, Morais *et al.* (2012) chamam atenção para a dificuldade desta etapa, pois, na maioria das vezes, o conjunto pode se limitar à ações já tomadas pelos decisores. Segundo Esmeraldo e Belderrain (2010), decisores muitas vezes associam a tomada de decisão com a resolução de problemas existentes, mas o mesmo autor

ênfatisa a possibilidade de criar situações de decisão considerando os atuais problemas já incluindo os futuros.

No trabalho de Cunha e Moraes (2016) o crescimento da área da Pesquisa Operacional conhecida como PO Soft é citado, pois o esforço para desenvolver um modelo que leve a compreensão correta do problema está se tornando cada vez mais comum. A literatura dá exemplos de métodos de estruturação de problemas, Cunha *et al.* (2016) cita como mais usuais: Strategic Options Development and Analysis (SODA), Soft Systems Methodology (SSM), Strategic Choice Approach (SCA) e Value-Focused Thinking (VFT).

Os métodos SODA, SSM e SCA estão inclusos no grupo conhecido como AFT (Alternative-Focused Thinking) que estruturam o problema com as alternativas disponíveis. Segundo Keeney (1994), o Value-Focused Thinking (VFT) por ele proposto em 1992, se difere dos demais por ter um foco nos valores do tomador de decisão, que são qualquer coisa que o tomador de decisão se importa no processo decisório (MORAIS *et al.* 2016).

Segundo Keeney (1996), o pensamento focado no valor tem quatro fases: Identificação dos objetivos, categorização dos objetivos, uso dos objetivos para a geração de alternativas e identificação de boas oportunidades de decisão.

No VFT, inicialmente tem-se a listagem dos objetivos como crucial para a tomada de decisão, mas os especialistas não são específicos sobre como listá-los, tampouco como orientar o pensamento para tais objetivos, (KEENEY, 1996). Normalmente o pensamento não tem o foco nos objetivos o que por esse motivo há certa dificuldade de elicitá-los. O mesmo autor lista algumas formas para estimular a geração destes objetivos, que estão dispostas na tabela 1. A segunda fase do método é a classificação destes objetivos em fundamentais e meios de maneira lógica. Por fim, a terceira e quarta fase são voltadas a usar os objetivos para propor alternativas que devam ser consideradas.

Tabela 1: Técnicas para a estimular a identificação de objetivos.

Técnica	Perguntas
Lista de desejos	O que você quer? O que você valoriza?
Alternativas	O que é uma alternativa perfeita ou uma alternativa terrível?
Problemas ou deficiências	O que está certo ou errado? O que precisa ser corrigido?
Consequências	O que houve de bom ou ruim através das decisões anteriores? O que gera preocupação caso aconteça?
Objetivos	O que você almeja? Que limitações são impostas a você?

Fonte: Adaptada de Keeney (1996).

O VFT vem sendo usado em amplos contextos: Almeida *et al.* (2014) fez o uso do VFT para auxiliar na fase inicial em conjunto com o mapeamento cognitivo em um problema de formação do preço de venda; Esmeraldo e Belderrain (2010) estudaram a metodologia SODA em conjunto com o VFT para melhoria da qualidade de vida e de ensino de universitários. Morais *et al.* (2012) discutiu a aplicação do método em três diferentes problemas em território brasileiro (gestão hídrica, planejamento estratégico de sistemas de informação/tecnologia da informação e disposição de resíduos de gesso). Gonçalves (2010) fez uso do VFT para mostrar aspectos do serviço que tem mais valor para o cliente em um restaurante universitário. Monte e Morais (2017) usaram o VFT no problema de gestão das operações de abastecimento de água. Em seu trabalho Fontana (2016) propõe o uso do VFT no planejamento e gerenciamento do estoque em um fluxo reverso. Com o VFT, Schramm (2017) estruturou um modelo complexo de decisão discutido em um comitê de bacia hidrográfica e Oliveira *et al.* (2021) se baseou no VFT para estruturar o processo de decisão de natureza não compensatória no setor vidreiro.

Esses trabalhos usam o VFT na fase inicial dos processos decisórios como Almeida (2013) indica. No entanto, a estruturação dos problemas não é uma tarefa fácil, Keeney (1994) cita que esta parte de levantamento de objetivos (início do processo de estruturação) é difícil, pois desperta a sensação de não estar resolvendo o problema, mas pensar em valores organizacionais pode auxiliar em outras decisões futuras, logo, essa etapa nunca será perda de tempo.

### ***3.3 Ferramentas da Qualidade e Processamento de Dados para Apoio à Decisão***

A qualidade dos processos é uma preocupação das organizações, seus conceitos permitem o melhor entendimento dos processos e a utilização de suas ferramentas auxiliam na manipulação e tratamento dos dados. Outra visão de qualidade está associada ao consumidor, o conceito de qualidade pode mudar em cada cenário sendo assim subjetivo. A aplicabilidade das ferramentas da qualidade é ampla, sendo utilizada de maneira implícita ou explícita em diversos cenários e áreas do conhecimento da literatura.

O controle da qualidade dos processos teve uma evolução significativa, antes estava preocupado apenas em atender as especificações impostas atuando sob a produção de maneira pontual e corretiva, agora a visão é de melhoria contínua do processo, evitando a produção de itens com defeito (MAI, 2016). Partindo do ponto de que uma das preocupações da Gestão da Qualidade (GQ) é a redução de não-conformidades nota-se que as ferramentas tradicionais da qualidade, desenvolvidas por JURAN e GRZYNA em 1980, são amplamente difundidas na indústria (Pacheco 2013). Como exemplo temos algumas ferramentas: o Gráfico e Pareto (que mostra o número de ocorrência de determinado defeito) e Diagrama de Ishikawa (que associa um efeito a suas causas); que são muito usadas para análise da atual situação dos processos nos níveis estratégico, tático e operacional da organização.

O Gráfico ou Diagrama de Pareto está entre as ferramentas mais conhecida nessa área de qualidade. O conhecido princípio de Pareto afirma que aproximadamente oitenta por cento da riqueza se concentrava em vinte por cento da população (CHEN *et al.*, 1994), essa ideia pôde ser estendida como metodologia de priorização de esforços, para direcionar as ações em pontos mais críticos, frequentes ou de maior importância. No contexto de indústria, Shivajee *et al.* (2019) usou o DMAIC em conjunto com Diagrama de Pareto e Diagrama de Ishikawa para reduzir o custo de fabricação de automóveis, priorizando e analisando fatores que interferem no custo. Tais resultados podem servir como input para outros modelos que visam tratar problemas maiores.

Em conjunto com o uso de ferramentas da qualidade está o uso de dados precisos, pois o uso de dados imprecisos ou poluídos pode acarretar na geração de informação distorcida. A mineração de dados ou *Data mining (DM)* vem sendo difundida para descobrir informação oculta em grande volume de dados (HUI e JHA, 2000). Witten *et al.* (2016) cita o grande potencial do DM na geração de informação, pois esse incorpora interdisciplinares como: Estatística,

reconhecimento de padrões, recuperação de informações, dentre outras. Yan *et al.* (2020) analisou dados da indústria e mostrou em seu trabalho aplicações do *Data Mining* de sucesso em diversas áreas, tais como: finanças, marketing, manufatura e biologia. Isso mostra que o ganho de informação vindo de dados da organização depende de um tratamento preciso destes dados e de ferramentas adequadas para gerar informação útil.

### ***3.4 Modelos Multicritério para a Tomada de Decisão***

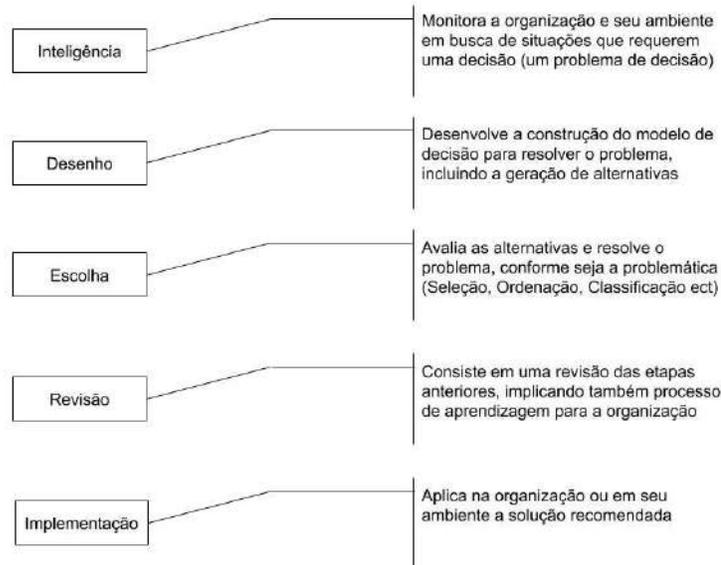
Problemas de múltiplos critérios fazem parte do cotidiano das organizações, este tipo de problema se baseia no contexto de comparar alternativas através de atributos, comumente com métricas diferentes. Almeida (2013) cita que o tomador de decisão deve comparar alternativas de um conjunto  $A = (a_1, a_2, a_3, \dots, a_n)$  onde cada alternativa representa uma possibilidade de ação por parte do decisor, devendo ele obter uma posição entre elas.

Esta posição varia de acordo com o tipo de problemática, que são basicamente: Problemática de Escolha, que delimita o conjunto de alternativas pela escolha de um espaço restrito de ações (menor que  $A$ ); Problemática de Classificação, que visa distribuir as ações de  $A$  em classes, Problemática de Ordenação, que visa ordenar as ações de  $A$ ; Problemática de Descrição, que visa descrever as ações de  $A$  e as suas consequências para dar suporte à tomada de decisão.

O autor ainda cita a Problemática de Portfólio que tem como objetivo escolher, dentre as alternativas de  $A$ , um conjunto menor do que  $A$  (diferente da seleção de uma única alternativa), atendendo a algumas restrições do problema, como exemplo, foi citado a seleção de Portfólio de Projetos.

Ainda segundo Almeida (2013) o processo decisório, descrito na figura 1 é composto de múltiplas fases, podendo-se retornar às fases anteriores para reformular o modelo, pois segundo ele, quando a percepção da situação for alterada o modelo precisa ser revisto.

Figura 1: O processo decisório nas organizações em cinco estágios.



Fonte: Almeida (2013).

Na fase de inteligência deve ser buscar, através da análise do cenário organizacional, oportunidades de decisão, que podem ser problemas atuais, possíveis problemas ou oportunidades de melhoria, (PACHECO, 2013). Normalmente essa fase acontece no nível mais alto das organizações, onde são definidos as metas a longo prazo. Devido à complexidade das decisões nessa âmbito, tais decisões precisam ser bem estruturadas com metodologias que se adequem a situação. Como alternativa para o desenvolvimento deste estágio, Almeida (2013) cita o VFT que foi proposto por Keeney em 1992 como uma possibilidade. A fase de desenho traz como grande contribuição a geração de alternativas bem como uma análise prévia de viabilidade estas. Também é na fase de desenho onde o analista em contato com o decisor para a modelagem das suas preferências.

Durante a confecção do modelo, a seleção dos métodos leva em consideração alguns fatores, tais como: tempo disponível, conhecimento do contexto da decisão, importância da decisão para a organização, dentre outros. E quando se trata da modelagem matemática, há um fator de suma importância, que é balancear o esforço para gerar o modelo com a sua precisão. Almeida (2013) enfatiza que todo o modelo tem falhas, e isso se torna evidente quando, para se ter um resultado preciso e robusto, o esforço na confecção do modelo tende a ser maior.

A definição dos critérios selecionados varia de acordo com cada contexto, embora representem objetivos, é comum que eles representem diferentes áreas de avaliação. Silva *et al.* (2011) cita que a avaliação global faz parte do contexto das organizações e que esse tipo de avaliação é uma atividade complexa, mas essa abordagem pode garantir controle nas atividades quer seja no nível estratégico, tático ou operacional onde elas ocorram. Silva ainda pontua três áreas (área de qualidade, ambiental e de saúde e segurança ocupacional) dizendo que essa variedade de critérios exige um conhecimento da inter-relação entre os conceitos das áreas.

Além da forma de identificação desses critérios, a importância que o decisor dá a cada critério faz parte da subjetividade do problema, isto é, a importância relativa dos critérios de acordo com as preferências do decisor fazem do problema único e a sua solução aplicável naquele contexto. No trabalho de Almeida (2013), é citado o risco de retirar essa subjetividade do problema, o autor do trabalho diz que isso seria como resolver outro problema, que não tem importância para o decisor. Almeida ainda cita classificações distintas dos métodos multicritério, dentre elas estão: a classificação conforme a natureza do conjunto de alternativas; a classificação em métodos de critério único de síntese, de sobreclassificação (*outranking*) e interativos; e a classificação em compensatório e não-compensatório.

Os métodos compensatórios consideram que, em uma mesma alternativa, o desempenho ruim em um critério pode ser compensado com um melhor desempenho em outro critério, já nos métodos não compensatórios isso não ocorre.

A fase de Escolha evidencia a solução proposta pelo modelo (seja qual foi o tipo de problemática em questão). Em seguida a fase de revisão consiste no aprendizado gerado pela aplicação do modelo, visão auxiliar em futuras decisões e por fim na fase de Implementação, a solução recomendada é posta em prática.

#### *3.4.1 Simple Multi-Attribute Rating Technique (SMARTS) e Simple Multi-Attribute Rating Technique using Exploiting Rankings (SMARTER)*

Muitas vezes a elicitação da importância que o decisor dá aos critérios é difícil de ser extraída, para esses casos há procedimentos alternativos para gerar esses pesos de maneira mais simples. Dentre essas alternativas estão o método SMARTS proposto por Edwards e Barron (1994), método este que é uma variação do método SMARTER proposto pelos mesmos autores em 1992.

Os dois métodos são usados como auxílio na determinação do grau de importância dos critérios. A principal diferença entre esses dois métodos está na forma de determinar os pesos dos critérios. No SMARTER, após a ordenação dos critérios, é usado o ROC (*Rank Order Centrid*) para gerar os pesos. Já no SMARTS, os pesos são dados pelo *swing*, que é uma alternativa para facilitar a extração desse grau de importância dos critérios por parte do decisor. Segundo Almeida (2013) o SMARTS tem as seguintes etapas:

1. **Propósito e Decisores:** são os dados pertinentes ao problema.
2. **Obtenção da Estrutura dos Atributos:** são os  $m$  critérios considerados importantes no problema. Deve-se tomar cuidado para não gerar um modelo com muitos atributos.
3. **Estabelecimento de Alternativas:** é o espaço de ações e se trata da etapa mais criativa do processo.
4. **Construção da matriz de consequências:** matriz com a consequência de cada alternativa em cada critério.
5. **Eliminação de alternativas dominadas:** retirada do conjunto de alternativas que são sempre piores que outra alternativa dentro do conjunto.
6. **Construção da matriz de Avaliação:** nesta etapa calcula-se a função valor de cada critério, para que o desempenho das alternativas nos critérios considerem a importância de cada critério, nessa fase também é efetuada a conversão para uma mesma escala de avaliação para os atributos. Considerando um comportamento linear da função valor (dentro de cada critério), Almeida (2013) cita três procedimentos de normalização onde o pior desempenho naquele critério receberá valor 0 e o melhor desempenho valor 1, após o processo de normalização. Dentre esses procedimentos está o Procedimento 1, onde o valor da alternativa  $a_i$  no critério  $j$  é calculado pela equação 1 e varia entre 0 e 1.

$$\text{Equação 1: } [v_j(a_i) - \text{Min } v_j(a_i)] / [\text{Max } v_j(a_i) - \text{Min } v_j(a_i)]$$

7. **Ordenação dos critérios (Swing parte 1):** é um procedimento que permite ordenar os critérios  $j$  de acordo com sua importância para o problema, dando ao decisor a oportunidade de aumentar o desempenho de uma alternativa em um único dos  $m$  critérios, depois repetir o procedimento com o conjunto  $m-1$  critérios e assim até obter a ordenação de todos os critérios. Como resultado deste processo tem-se a ordem de preferência dos critérios.

8. **Obtenção dos pesos (Swing parte 2):** Ao decisor é perguntado qual a pontuação do critério mais importante  $P_1$  de 0 a 100 (representando o pior e o melhor desempenho respectivamente), que tornaria equivalente a uma pontuação máxima no segundo critério mais importante  $P_2$ . Ao final do procedimento tem-se todos os valores  $P_j$  dos  $j$ , e o peso de cada critério é dado pela equação 2 onde o valor dos pesos dos  $m$  critérios devem somar 1 conforme equação 3:

$$\text{Equação 2: } K_j = \frac{P_j}{\sum_{j=1}^m P_j}.$$

$$\text{Equação 3: } \sum_{j=1}^m K_j = 1.$$

9. **Efetuar a agregação para obtenção do valor global de cada alternativa:** Nessa etapa é obtido o valor global de cada alternativa  $a_i$ , usando o método de agregação que melhor se adeque ao modelo escolhido (usando os pesos encontrados na etapa 8). Como exemplo o modelo de agregação aditivo é mostrado na equação 4, onde  $V_j(a_i)$  é o valor da alternativa no critério  $j$ . Dessa maneira, tem-se o produto entre o desempenho da alternativa  $a_i$  no critério  $j$  vezes a importância desse critério (obtida na etapa 8).

$$\text{Equação 4: } \sum_{j=1}^m K_j * V_j(a_i).$$

No SMARTER o procedimento muda na etapa 8, pois os pesos dos atributos são calculados sem a elicitación do tomador de decisão, dados pela equação 4.

$$\text{Equação 5: } P_j = \frac{1}{m} * \sum_{l=j}^m 1 / l.$$

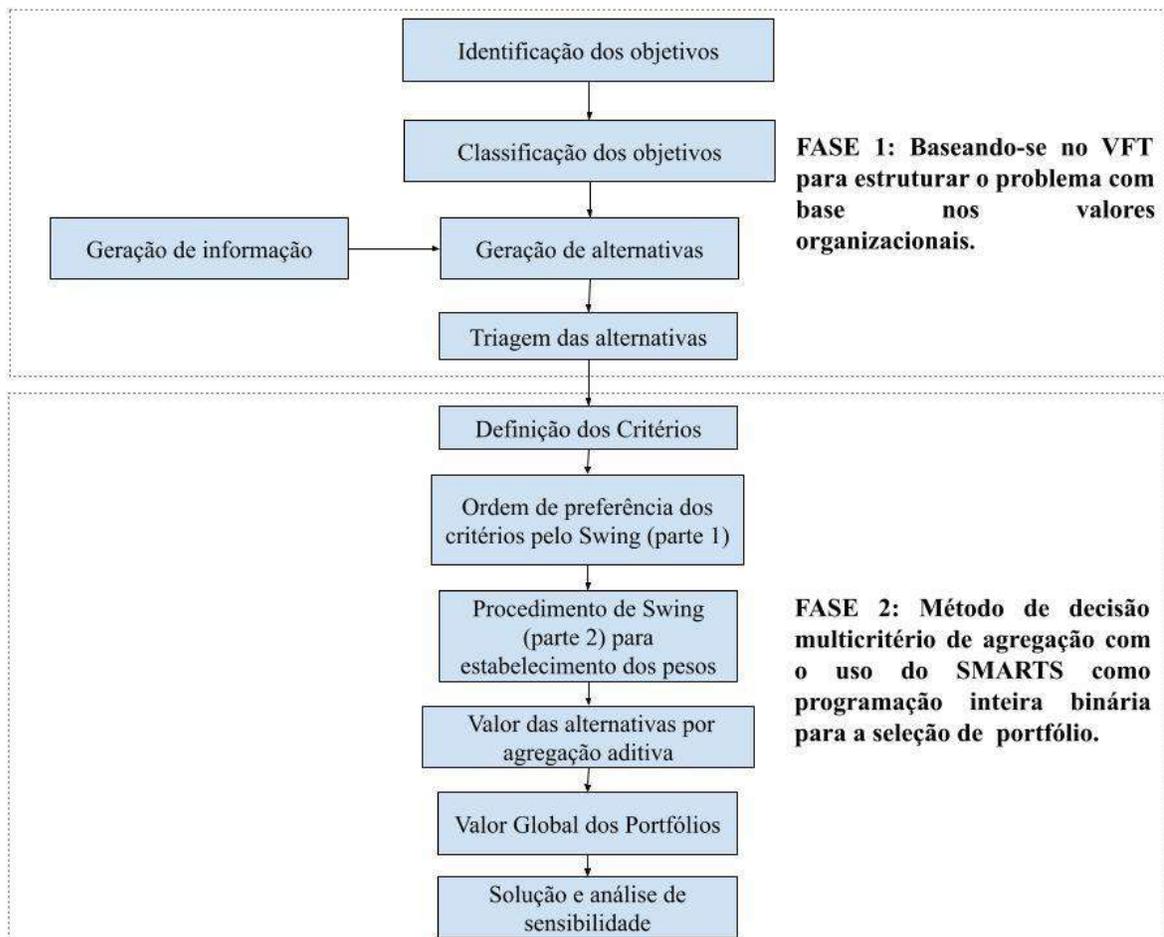
O SMARTS permite que o decisor participe da elicitación do grau de importância dos atributos, ele tem a capacidade e disponibilidade de elicitá-los com mais precisão, caso contrário o SMARTER seria mais indicado.

#### 4 METODOLOGIA

O modelo para a seleção de projetos mostrado na figura 2 é composto por duas fases: Baseando-se no VFT e no framework descrito no capítulo 7 do trabalho de Almeida (2013) para a estruturação do problema se baseando nos valores organizacionais, e a segunda fase consiste numa abordagem multicritério de agregação aditiva com o uso do SMARTS, proposto por Edwards e Barron em 1994, para avaliação dos projetos e assim montagem das opções de portfólios de melhorias.

O VFT sugere os critérios sejam consequência da estruturação do problema, no entanto o modelo proposto se utiliza de critérios já inclusos no contexto organizacional, critérios advindos de procedimentos de aprendizagem em outras decisões. Esses critérios se associam com os objetivos gerados pelo VFT, no entanto, não são apenas fruto do processo de estruturação deste problema.

Figura 2: Modelo de decisão proposto.



Fonte: O autor.

A escolha do VFT se deu pela complexidade do problema e dificuldade na estruturação no ramo da empresa em questão, as percepções dos clientes mudam constantemente e atualmente os projetos são selecionados de acordo com a experiência do tomador de decisão, de forma intuitiva, e sem uma metodologia estruturada, considerando também a experiência de outras empresas com a realização do projeto. Outra dificuldade encontrada que motivou a escolha deste método de estruturação, foi a dificuldade de alinhar os objetivos estratégicos com as ações no nível tático e

operacional da indústria, para que assim se alcance os objetivos estabelecidos. Já para a segunda parte foi escolhido o método de Agregação aditiva com o uso do SMARTS, por se tratar de um problema de racionalidade compensatória (admitindo-se um desempenho melhor em um critério para obter um melhor desempenho em outro), e para que fosse possível vincular a subjetividade do decisor com o grau de importância de cada critério de forma simples (uma vez que o decisor se mostrou disponibilidade e capacidade de elicitar os pesos com maior precisão). O modelo foi elaborado considerando as dificuldades impostas pelo vírus COVID-19, que impossibilitaram os encontros tendo em vista que o tomador de decisão está incluso no grupo de risco. As reuniões foram feitas parte no ambiente fabril (seguindo todo o protocolo de prevenção de disseminação do vírus) parte em ambiente virtual.

## **5 APLICAÇÃO DO MODELO**

### ***5.1 Descrição da Empresa***

Antes da aplicação do modelo faz-se necessária uma breve descrição da empresa onde ele será aplicado. O modelo foi implementado em uma empresa de médio porte do ramo vidraceiro, estando presente em três estados do nordeste brasileiro e comercializando os seus produtos em todos os Estados da região e ainda nos estados do Pará e Tocantins. Está neste ramo desde 1985, e tem suas bases estratégicas focadas em fornecer vidro de qualidade com o melhor preço do mercado. Em suas instalações preza pela qualidade de seus processos e pela segurança dos seus funcionários (mesmo não estando explícito nos valores empresariais). Atualmente esta organização conta com duas linhas de produção, que são:

- Linha de Engenharia: trabalha as chapas de vidro para fabricação de peças para clientes em todos os estados acima listados, estas possuem dimensão aleatória (até no máximo 5,94m x 3,14m, área máxima da maior chapa de vidro existente em estoque), esta linha de produção é customizada, desenhando, cortando e modelando as peças conforme as preferências do cliente;
- Linha Branca: trabalha vidro de espessuras de 2 a 4mm e de maneira menos flexível produzindo peças de vidro apenas para grandes empresas;

Atualmente a Linha de Engenharia da empresa conta com uma cartela de mais de 50 tipos de vidro, que serão subdivididos em três grupos: Vidro comum, Vidro Habitat e Vidro Áspero. Os

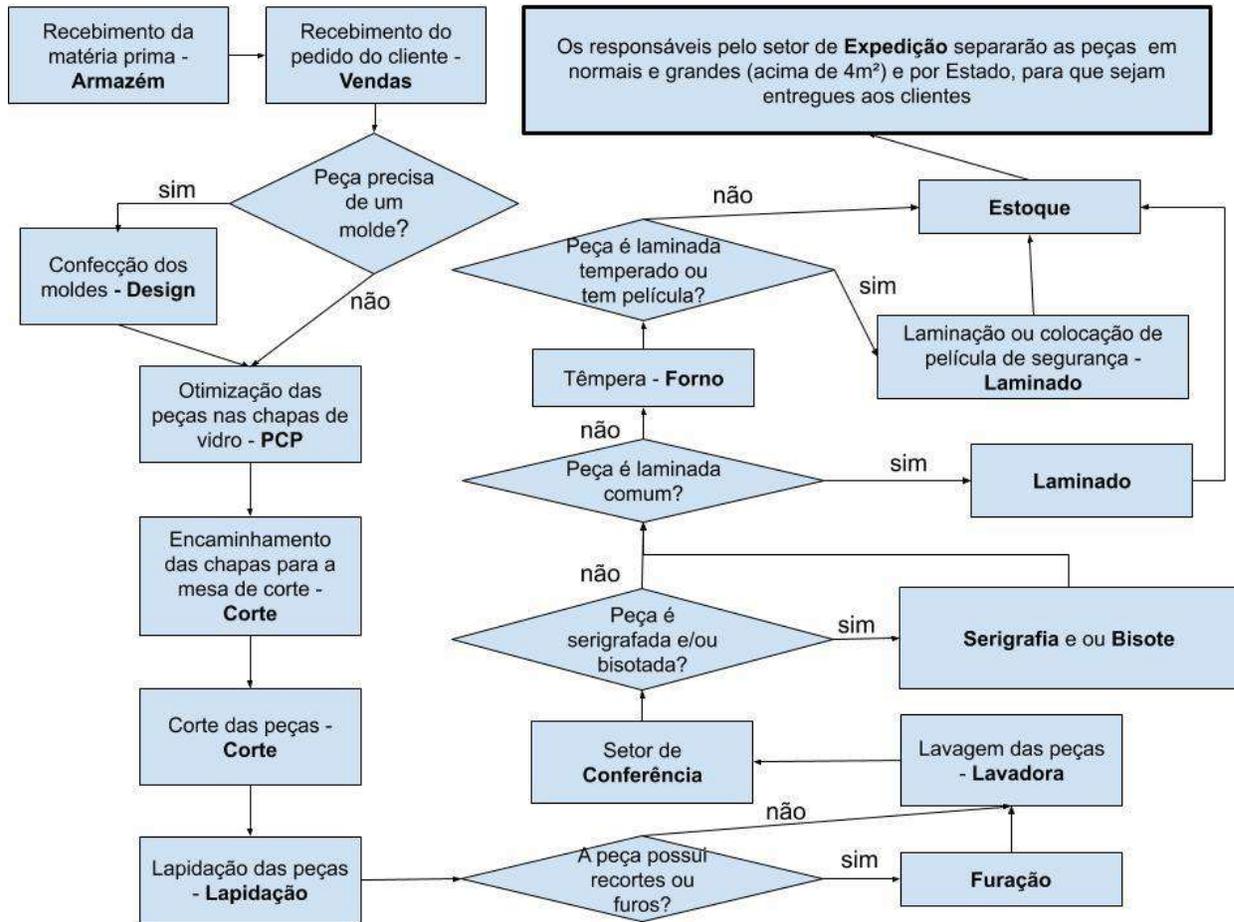
vidros dos grupos Comum e Habitat podem ser divididos por cor e espessura, e uma tabela com todos os tipos de chapas está disposta no Apêndice A. Neste trabalho estudar-se-á o processo da linha de Engenharia da empresa, em busca de estruturar o processo complexo de decisão baseado nos valores da diretoria e na investigação dos principais problemas da empresa. Posteriormente, levantar alternativas e escolher a melhor solução para o problema.

### *5.1.1 Descrição do Processo de Produção*

O processo e produção das peças de vidro se inicia com o contato com o cliente onde o mesmo informa os dados do pedido, tais como: Dimensão das peças, tipo de matéria-prima (exemplo, Comum Verde ou Habitat Cinza), espessura do vidro, o tipo de lapidação (reta, boleada ou sem lapidação), se o vidro será temperado ou não e se haverá algum trabalho especial no vidro (Exemplo, se a peça deve ser feita com um molde específico, se possui furos ou recortes, Serigrafia, Bisote, colocação de película de segurança ou laminação). Vale a pena ressaltar que algumas peças têm formato bem específico, possuindo um alto nível de dificuldade para confeccioná-las, estas precisam de um molde em madeira que auxiliará no processo produtivo. Em seguida o Setor de Programação e Controle da Produção (PCP) reúne todos os pedidos em aberto do mesmo material e com o auxílio de um software otimiza as peças nas chapas de cada matéria-prima, gerando os Planos de Corte. As chapas são riscadas de maneira automatizada, conforme a otimização realizada no PCP, e as peças dos clientes são destacadas manualmente. Posteriormente, as peças são lapidadas conforme o tipo de lapidação escolhido, passam pela furação (caso tenham furos ou recortes). Após a lapidação/furação, todas as peças passam pela lavadora, e pela conferência (onde a peça é comparada com o seu projeto inicial e é liberada se estiver conforme o pré-estabelecido). Após a conferência, as peças vão para trabalhos especiais (bisote ou laminação) ou são apenas temperadas, temperadas para a aplicação de película de segurança, ou temperadas para serem laminadas. Finalmente as peças são encaminhadas para a expedição, onde são alocadas às rotas de entrega.

No Apêndice C há a descrição de cada atividade bem como a sua importância para o processo de produção. O fluxograma do processo está disposto na figura 3, ele descreve os procedimentos que ocorrem em cada passo, e em destaque o respectivo setor responsável por tal tarefa.

Figura 3: Fluxograma do processo de produção das peças em vidro na Linha de Engenharia.



Fonte: O autor.

## 5.2 Fase 1: Aplicação do VFT na fase de inteligência

A aplicação do VFT foi feita através de reunião presencial com o diretor da empresa descrita acima, em conjunto como uma redefinição estratégica, para a inclusão da preocupação ambiental e com a saúde e segurança ocupacional dos colaboradores na missão, visão e objetivos organizacionais. Esta reunião possibilitou traçar novos objetivos estratégicos e de gestão, com a base no fundamento existencial da empresa: obter lucro no mercado vidraceiro.

### 5.2.1 Identificação e Classificação dos Objetivos

Essa etapa é o início do modelo de decisão e precisou de duas partes com objetivos diferentes. A primeira parte tinha cunho unicamente estratégico e contou com a presença do diretor

da empresa, onde o principal objetivo foi colher informações que auxiliariam na formulação dos objetivos fundamentais do VFT, usando as técnicas mostradas na tabela 1. Como resultado foram obtidos quatro objetivos fundamentais, que foram:

1. Manter-se competitiva no mercado de vidro;
2. Manter padrões altos de qualidade nos processos e dos produtos;
3. Ser reconhecida por prezar pela saúde e segurança dos colaboradores;
4. Prezar pelo cuidado com o meio ambiente.

A segunda parte contou com a presença dos coordenadores e supervisores e tinha o objetivo de: ramificar os objetivos fundamentais em objetivos nos níveis tático e operacional, visando, a médio ou longo prazo, alcançar o cenário estratégico almejado. Pode-se considerar essa parte como a classificação dos objetivos, pois é nesta onde se define claramente todos os objetivos. Os objetivos fundamentais foram postos em discursão um por vez e os objetivos meios foram sendo elicitados. Nesta fase de discursão foram gerados quinze objetivos meio que podem, de maneira mais clara, se transformarem em ações a serem adotadas no chão de fábrica.

1. Manter os atuais clientes e conquistar potenciais compradores;
2. Ser diferenciada nos prazos de entrega dos produtos;
3. Investir no marketing de atuais e de novos produtos;
4. Reduzir o percentual quebra das peças;
5. Reduzir o desperdício no corte das peças (perda geométrica);
6. Manter-se certificada pela ISO 9001 e buscar novas certificações relevantes no setor;
7. Garantir fragmentação e resistência do vidro temperado dentro dos padrões ABNT;
8. Reduzir o número de peças reprovadas durante o processo ou pelo cliente;
9. Promover conhecimento do consumidor acerca do vidro, aumentando a chance de atender as expectativas do cliente;
10. Promover a conscientização dos funcionários para um trabalho seguro;
11. Reduzir o risco operacional, através do estudo prévio dos processos buscando a minimização do número de incidentes na instalação fabril;
12. Reduzir o volume de embalagens (plástico/papel) descartadas;
13. Reduzir ao máximo o volume quebras de vidro em geral (precisam ser retrabalhados e geram um novo gasto energético);

14. Eliminar as quebras de vidro laminado e/ou com película (atualmente esse tipo de vidro é estocado gerando impacto ambiental maior que os demais);
15. Buscar parcerias com empresas que reutilizem o volume quebrado dos vidros laminado e com película.

Durante o levantamento desses objetivos meio foi possível identificar que os mesmos objetivos meio eram elicitados mais de uma vez, pois esses se relacionavam com mais de um objetivo fundamental.

### 5.2.2 Geração de Informação

A empresa possui três anos de dados compilados fisicamente (em papel) e um ano de dados em formato eletrônico advindos de relatórios retirados de um software usado até os dias de hoje. Os dados usados serão de outubro de 2018 até agosto de 2019, neles está a carteira atual de produtos comercializados e após esse período o maquinário e fornecedores se mantiveram constantes.

Antes de usar os dados foi preciso processar o alto volume de dados, o tratamento desses dados foi feito de maneira simples, através do reconhecimento de padrões que precisavam ser retirados, para que assim os dados pudessem retornar resultados uteis para a geração de informação. Primeiramente foram retirados dados referentes a materiais que não são mais manufaturados na empresa, e posteriormente foram retirados todos os dados de planos de corte com desperdício acima de setenta por cento, pois segundo o coordenadores de chão de fábrica, esses planos certamente serão cortados de sobras e não de chapas inteiras.

Com essa limpeza nos dados dos relatórios, o volume de dados reduziu em dezenove por cento, reduzindo o tempo de análise dos dados e também o esforço computacional para gerar informação.

Os dados coletados foram basicamente:

- Perda geométrica: representa a perda da chapa de vidro após o destaque das peças dos clientes, dada por (**Área total das chapas usadas**) – (**área das peças contidas nas chapas**) em unidade de área (m<sup>2</sup>). Esta perda é mostrada no Apêndice B sendo considerada inevitável, pois em todos os casos a área coberta pelas peças é sempre menor que a área de chapas de matéria prima utilizadas;
- Produção diária: representa o total de vidro trabalhado pela empresa diariamente em unidade de área (m<sup>2</sup>), devido ao alto volume de produção e pela cartela extensa de produtos,

foi considerada uma produção mínima semestral para que os dados fossem considerados, isso reduz o risco de falhas pontuais aumentando a confiabilidade dos dados utilizados embasando o levantamento de informações. A produção de todos os itens pode ser observada no Apêndice B;

- Área de peças descartadas/Por Setor: representa o volume de peças com problema (não necessariamente quebradas, mas que geram problemas que levam ao descarte da peça) por cada setor da fábrica;
- Área de peças descartadas/Por Material: representa o volume de peças com problema por tipo de matéria prima;
- Data de entrega dos pedidos: representa a quantidade de pedidos entregues no prazo;

Esses relatórios serão usados para gerar informação e embasar o levantamento de problemas, a sua relevância para o processo e para o atendimento ao cliente, priorizar os problemas a serem trabalhados, gerar soluções para estes problemas e para o alcance dos objetivos traçados na fase anterior. Posteriormente realizar uma triagem desse conjunto de soluções (que serão consideradas projetos) e usar um Método Multicritério de Apoio à Decisão (MCDA) para indicar um portfólio de projetos a ser implementado.

O volume de produção no período analisado foi de 146554,886 m<sup>2</sup> de vidro, o volume de cada um dos grupos está disposto na tabela 2 onde é visto que a matéria prima que mais é usada pela empresa é o Vidro Comum, esses são classificados por cor (Incolor, Verde, Cinza e Bronze) e por espessura (4mm, 5mm, 6mm, 8mm, 10mm 12mm 15mm), os Habitat vem em segundo tendo aproximadamente 65 vezes o volume de produção do Áspero, que é produzido em menor volume.

Tabela 2: Produção total, fração de produção de cada grupo e seus desperdícios.

<b>Grupo</b>	<b>Comum</b>	<b>Habitat</b>	<b>Áspero</b>
Produção (m <sup>2</sup> )	134305,709	12065,257	183,920
Fração da Produção	91,64%	8,23%	0,13%
Desperdício (m <sup>2</sup> )	13802,702	2420,777	75,84
Desperdício	10,27%	20,06%	41,43%

Fonte: O autor.

Após essa análise prévia do ambiente produtivo e com a mineração de dados do chão de fábrica, algumas informações puderam ser extraídas e são pontuadas a seguir.

### *1. Percentual de perda geométrica*

A área desperdiçada através da perda geométrica dos três grupos é mostrada na tabela 2 e a relativa à cada tipo de matéria-prima usada está disponível no Apêndice B. Para os grupos Vidro Habitat e Vidro Áspero o desperdício médio é consideravelmente maior em relação ao comum, esses dados confirmam a informação dada pelos diretores, de que o vidro comum tem desperdício muito menor em relação aos demais grupos.

### *2. Percentual de perda por problema*

Problemas frequentes causam perda das peças de vidro, bem como o aumento de volume de descarte de vidro. De um total de 17 problemas já registrados pela empresa, que causam estes impactos, 10 foram considerados frequentes (ocorreram nos 10 últimos meses) e 7 foram considerados esporádicos (não ocorreram nos últimos 10 meses). Foi observado que dentre os problemas esporádicos não há perdas significativas de matéria prima, isto é, quando eles ocorrem a área de vidro perdida é pequena em relação aos demais problemas, desta feita, esta classe de problemas (esporádicos) não será considerada neste trabalho. Foi usado o Gráfico de Pareto para classificar os tipos de problema de acordo com o volume de perda de vidro, podendo assim priorizar esforços em problemas que geram maior perda. A tabela 3, a seguir, mostra o volume de matéria prima perdida bem como a fração mensal representada por cada tipo de defeito. De acordo com os dados da tabela 4, que mostra o volume total de perda gerado por cada tipo de problema, os problemas que representam os maiores volumes de perda são: Quebra da peça, Defeito na matéria prima (bolha) e a Falha pessoal. Estes são responsáveis pelos maiores volumes de perda de peças em seis dos dez meses analisados e estão entre os 4 maiores problemas entre todos os meses. O Gráfico de Pareto é gerado com o volume acumulado de perda dentro de cada problema. Os problemas que estão dispostos no gráfico 1 organizam os dados da tabela 3 em ordem crescente, mostrando que os três principais problemas da linha de produção de engenharia causaram uma perda de 1835,204 m<sup>2</sup> de vidro. O gráfico 2 mostra a porcentagem de perda acumulada, nele é possível notar que apenas estes 3 são responsáveis por 84,5% do total de perdas (em m<sup>2</sup>). Com a análise destes dados de forma mensal e também com a análise total de perda é coerente priorizar a Quebra da peça, o Defeito na matéria prima (bolha) e a Falha pessoal, considerando que a solução destes trará um melhor retorno à organização.

Tabela 3: Volume de vidro perdido por cada tipo de problema.

Problema	Out. 18	%	Nov. 18	%	Dez. 18	%	Jan. 19	%	Fev. 19	%	Mar. 19	%	Abr. 19	%	Mai. 19	%	Jun. 19	%	Jul. 19	%
Cor errada	0,000	0,000	0,000	0,000	0,743	0,004	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Erro de tracamento	0,000	0,000	0,000	0,000	3,175	0,016	6,783	0,036	0,000	0,000	11,250	0,072	7,280	0,032	15,073	0,054	3,253	0,017	23,905	0,099
Erro no PCP	2,160	0,013	0,680	0,003	0,000	0,000	0,518	0,003	7,473	0,023	0,000	0,000	1,400	0,006	0,000	0,000	1,755	0,009	0,000	0,000
Erro de marcação manual	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,093	0,006	3,925	0,012	0,000	0,000	1,650	0,007	0,950	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000
MP (Bolta)	65,018	0,405	62,555	0,286	49,873	0,250	44,968	0,241	70,388	0,220	42,830	0,276	82,523	0,368	100,583	0,363	34,078	0,182	67,130	0,277
MP (Materialização)	13,120	0,082	17,655	0,081	25,458	0,128	16,625	0,089	6,413	0,020	15,783	0,102	10,363	0,046	31,820	0,115	21,318	0,114	11,950	0,049
Quebra por falha pessoal	57,298	0,356	93,475	0,427	91,405	0,458	64,241	0,344	203,276	0,635	69,546	0,448	92,363	0,412	109,188	0,394	93,244	0,498	125,854	0,519
Quebra de energia	14,470	0,090	32,825	0,150	22,125	0,111	21,673	0,116	16,293	0,051	15,913	0,102	28,618	0,128	19,263	0,070	33,460	0,179	10,728	0,044
Risco na peça	0,000	0,000	11,473	0,052	1,080	0,005	25,980	0,139	12,523	0,039	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	8,658	0,054	0,360	0,002	5,655	0,028	5,095	0,027	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	2,833	0,012
Total	160,724	1,000	219,023	1,000	199,514	1,000	186,976	1,000	320,291	1,000	155,322	1,000	224,197	1,000	276,877	1,000	187,108	1,000	242,400	1,000

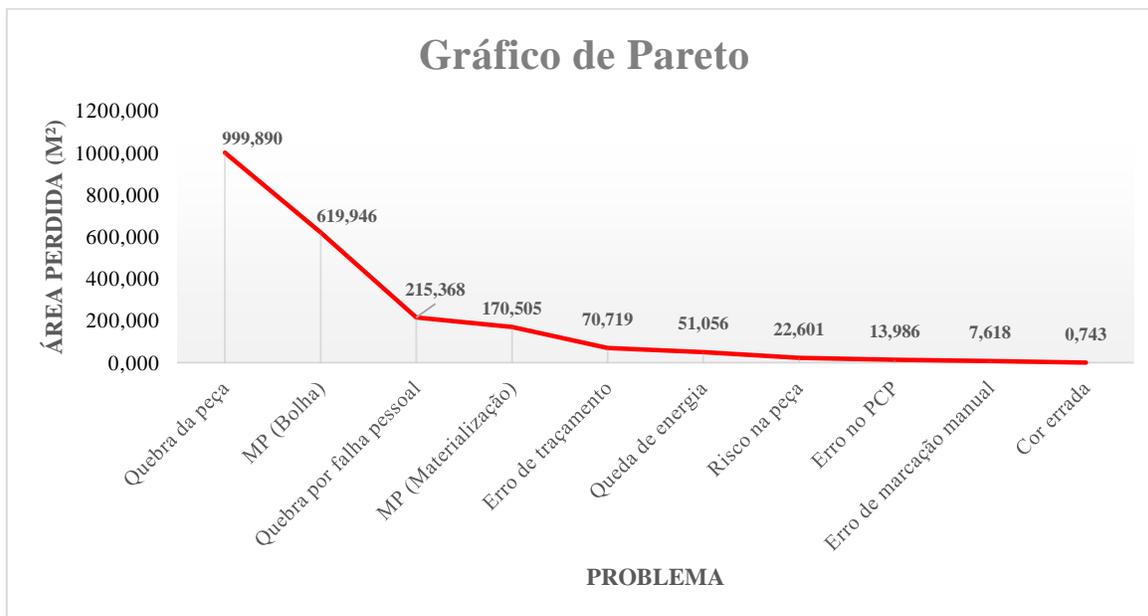
Fonte: O autor.

Tabela 4: Material perdido durante os dez meses observados.

<b>Problema</b>	<b>Total (m<sup>2</sup>)</b>	<b>%</b>
Cor errada	0,743	0,000
Erro de Traçamento	70,719	0,033
Erro no PCP	13,986	0,006
Erro de marcação manual	7,618	0,004
MP (Bolha)	619,946	0,285
MP (Materialização)	170,505	0,078
Quebra da peça	999,890	0,460
Quebra por falha pessoal	215,368	0,099
Queda de energia	51,056	0,024
Risco na peça	22,601	0,010
<b>Total</b>	<b>2172,432</b>	<b>1,000</b>

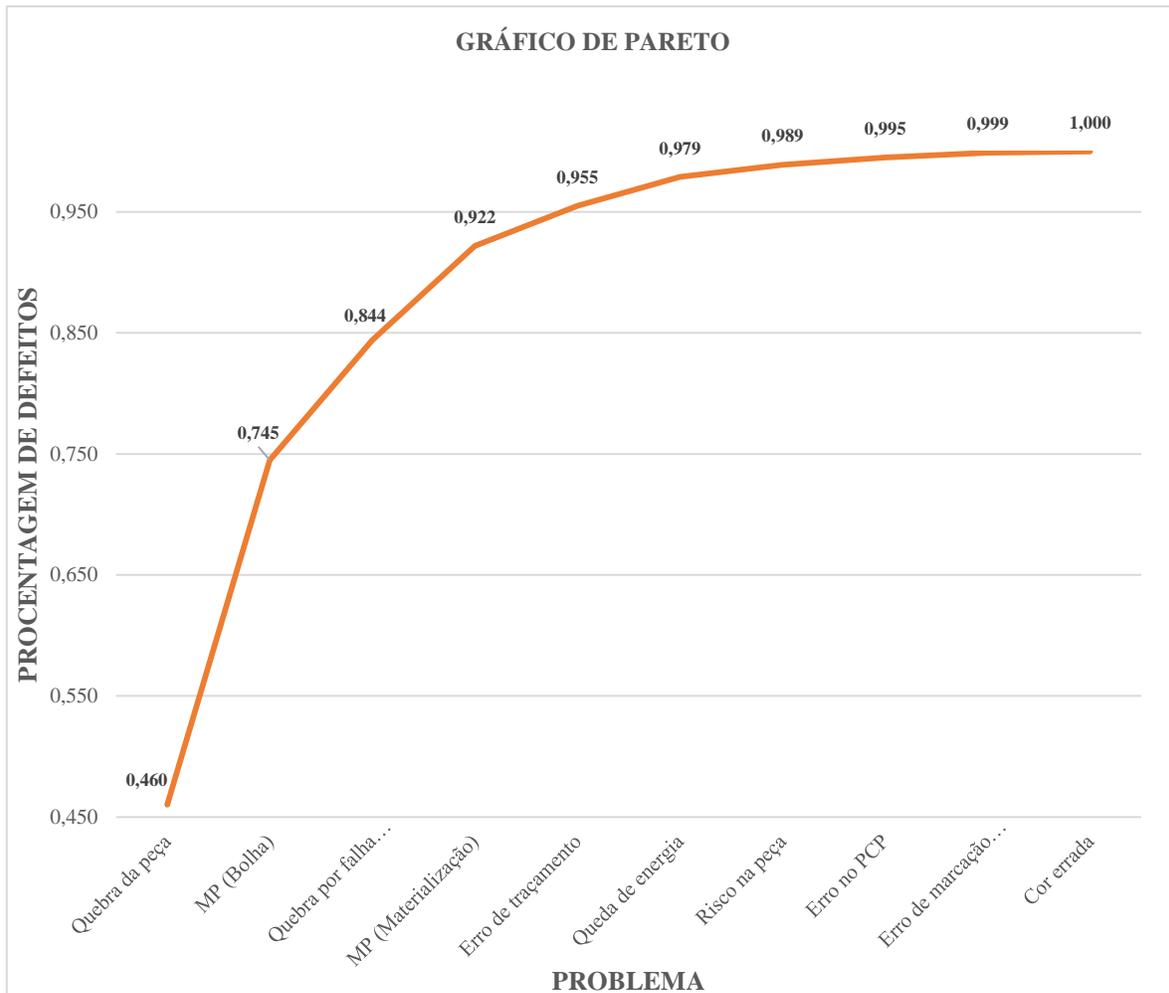
Fonte: O autor.

Gráfico 1: Área perdida por tipo de problema.



Fonte: O autor.

Gráfico 2: Gráfico de Pareto para priorização de setores.

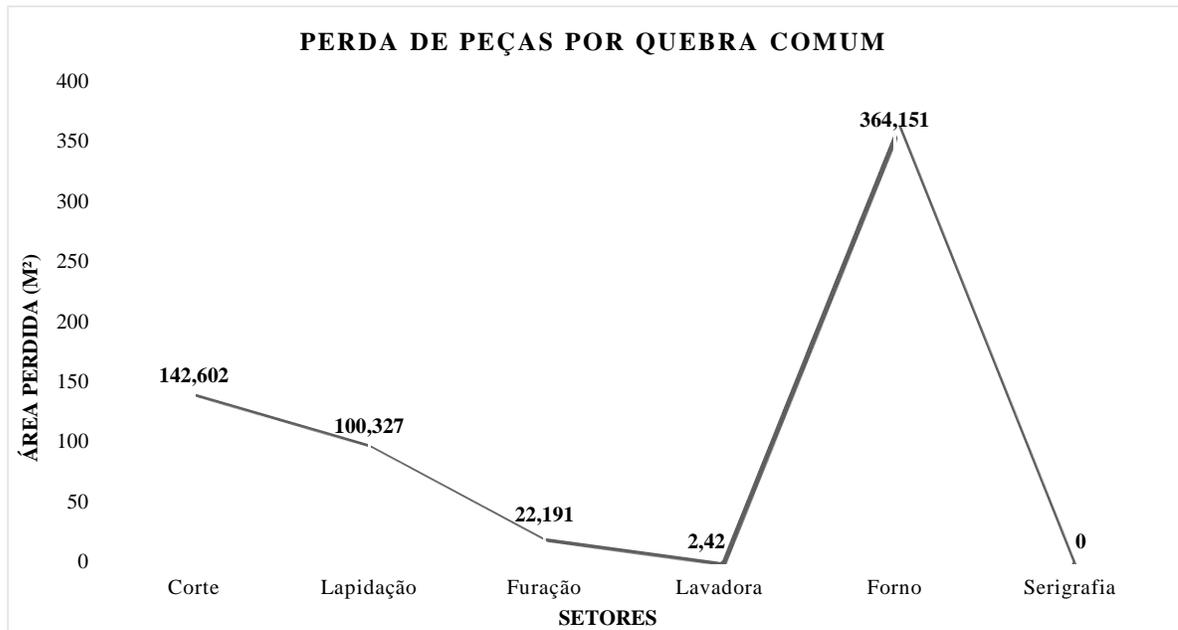


Fonte: O autor.

### 3. Volume de Perda por setor

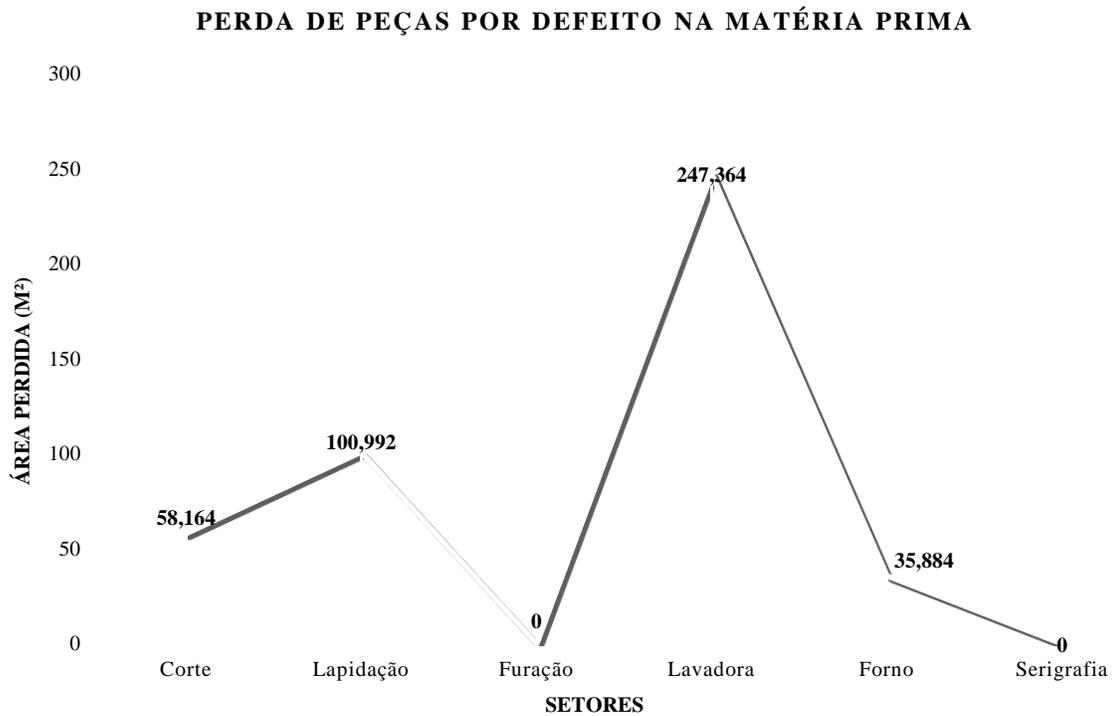
De posse do volume de perda de peças (peças com problema) por setor, considerando os setores que lidam diretamente com as peças do cliente (que são área de produção, setor de compras e o setor de Programação e Controle da Produção), e considerando os problemas responsáveis pela grande maioria das perdas de peças, se pode identificar pontos críticos em certas etapas do processo, podendo priorizar esforços em problemas e pontos específicos da empresa. Os setores considerados foram: Corte, Lapidação, Furação, Lavadora, Forno e Serigrafia. Estes foram selecionados por se encontrarem na mesma planta da empresa, e por estarem presentes na grande maioria os pedidos dos clientes. Os gráficos 3, 4 e 5 mostram a área de perda nos setores descritos acima por Quebra comum, por Defeito de matéria prima e por Falha pessoal, respectivamente.

Gráfico 3: Quebra comum ao processo.



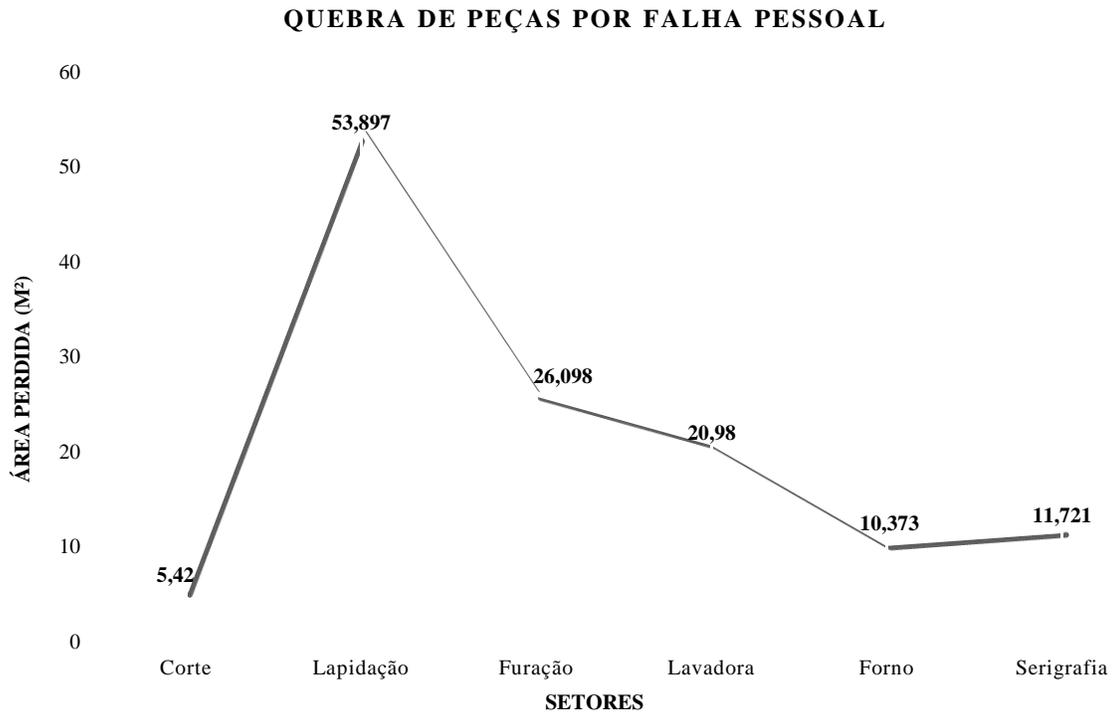
Fonte: O autor.

Gráfico 4: Perda por aparecimento de bolhas na matéria prima.



Fonte: O autor

Gráfico 5: Perda por falha pessoal.



Fonte: O autor.

Observando o gráfico 3, nota-se que no Forno é onde as quebras mais ocorrem, isto está associado a alguns problemas: falta de manutenção (principalmente a substituição das resistências), desregulagem na temperatura das resistências ou da têmpera e no próprio risco da operação (sendo realmente onde a peça tem maior risco de quebrar). Já com relação a detecção do defeito de matéria prima (Bolha), exibido no gráfico 4, pode-se notar que o maior índice de detecção acontece na lavadora (quando o vidro está limpo), valendo a pena ressaltar que o fornecedor retorna parte da área perdida por defeito no vidro, mas parte é perdida bem como o gasto operacional (Energia elétrica, ferramentas, mão de obra e outros) com a confecção da peça. O problema da falha pessoal é o que está mais distribuído pela fábrica, mas ainda se tem o setor de Lapidação como destaque. Os principais problemas levantados no setor de lapidação foram: A alta velocidade de trabalho da máquina das lapidadoras, o peso elevado das peças e a alto índice de rotatividade de funcionários ou turnover (são demitidos ou pedem demissão) causando inexperiência no setor.

A implantação de um software na empresa (em outubro) gerou uma imprecisão no registro de dados, as peças eram perdidas e descartadas sem um registro correto de onde o problema foi detectado, apenas era registrado qual funcionário detectou o problema. Por haver uma alta

rotatividade nos postos de trabalho não foi possível alocar a área das peças apenas com a informação do nome do colaborador.

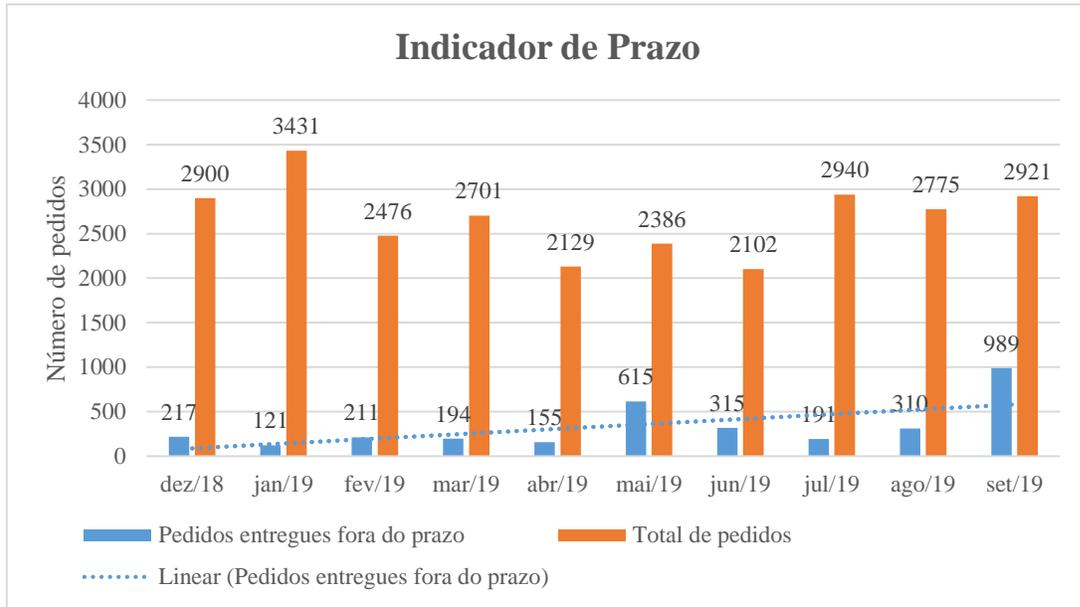
Até que se passasse o período de ajuste da empresa ao novo software de trabalho os dados se mostraram impróprios para o uso. Por isso os dados de Outubro, Novembro e Dezembro de 2018 não foram contabilizados no volume de quebra por setor, sendo considerados apenas de Janeiro a Julho de 2019.

#### *4. Pedidos entregues em atraso*

Estes dados têm relação direta com a satisfação do cliente, tendo em vista que a entrega no prazo é um atributo qualificador neste tipo de negócio. De acordo com componentes da alta administração os clientes são, em grande maioria, vidraceiros de menor porte e vendem o produto ao cliente final ou empreiteiras que precisam deste item para a conclusão do projeto, dessa forma, o atraso dos pedidos gera uma reação em cadeia. Esses dados refletem a confiabilidade do processo, devido as perspectivas da organização (explícitas na sua missão e visão) de atender ao cliente de maneira satisfatória cumprindo o prazo de entrega pré-estabelecido no ato do pedido. No caso dos dados de entregas no prazo foram considerados os pedidos entregues fora do prazo, e o total de pedidos entregues, simulando a filosofia da empresa em questão, de que todos os prazos dos pedidos em aberto tem igual importância (uma vez que os prazos variam de acordo com a matéria-prima solicitada, quantidade de peças e possíveis operações especiais).

Observando o total de pedidos entregues e a parcela dos que foram entregues fora do prazo, há certa variabilidade na quantidade de pedidos entregues com atraso com tendência de crescimento desse número com o passar do tempo. No gráfico 6 pode-se notar essa tendência, pois número de pedidos entregues em atraso era 615 em maio, já era o maior número mensal do conjunto de dados analisados, e passou para 989 em setembro, em se tratando de percentual do total, cerca de 28% e 34% dos pedidos atrasaram em maio e setembro, respectivamente.

Gráfico 6: Indicador de prazo nos últimos dez meses.



Fonte: O autor.

Essas informações, contidos nos tópicos 1 a 4, foram levadas aos gestores para agregar valor na geração das alternativas. Todos esses problemas são críticos na Linha de Engenharia, e refletem em falhas no processo de manufatura do vidro gerando perda financeira, danos ao meio ambiente, atrasos na entrega dos pedidos e retrabalho.

### 5.2.3 Geração de Alternativas

O levantamento das alternativas foi feito presencialmente junto aos gestores e diretores através de *Brainstorm*, recebendo como inputs os objetivos traçados com o auxílio de VFT e as informações vindas dos relatórios de produção. Para viabilizar a geração de ideias e facilitar o entendimento de todos os participantes, os problemas foram levantados um por vez e as alternativas dadas como solução para aquele problema devem ser relacionadas com os objetivos meio, e posteriormente estas soluções irão alimentar o conjunto geral de alternativas (A). O conjunto de alternativa, o orçamento necessário e a previsão de implementação para cada alternativa é mostrado na tabela 5.

Tabela 5: Conjunto de alternativas e orçamento individual necessário.

<b>Alternativas</b>	<b>Breve descrição</b>	<b>Orçamento necessário</b>	<b>Estimativa de tempo</b>
<b>A1</b>	Investimento em marketing digital;	R\$ 40.000,00	1,5 meses
<b>A2</b>	Instituir um setor de prestação de serviço aos clientes, para instrução acerca dos cuidados com os produtos;	R\$ 25.000,00	1,5 meses
<b>A3</b>	Compra de um equipamento para a furação;	R\$ 320.000,00	3 meses
<b>A4</b>	Aumento da capacidade de chapas especiais (jumbo);	R\$ 180.000,00	2 meses
<b>A5</b>	Substituição de todas as roldanas da furação manual;	R\$ 78.500,00	1 mês
<b>A6</b>	Aquisição de um novo equipamento para embalagem de vidro;	R\$ 135.000,00	4 meses
<b>A7</b>	Compra de uma máquina de bisote, reduzindo o fluxo de peças entre as filiais;	R\$ 250.000,00	4 meses
<b>A8</b>	Aumento da capacidade do forno de laminação;	R\$ 100.000,00	3 meses
<b>A9</b>	Instituir o uso de formulários eletrônicos, evitando perda de informação e deslocamento desnecessário;	R\$ 35.000,00	1 mês
<b>A10</b>	Criação de um Programa de Instrução do Trabalho com o Vidro (PITV), para capacitar periodicamente os funcionários;	R\$ 25.000,00	2 meses
<b>A11</b>	Aquisição de um braço mecânico para abastecer e reirar peças da lapidadora;	R\$ 800.000,00	6 meses
<b>A12</b>	Construção de um segundo galpão.	R\$ 700.000,00	12 meses
<b>A13</b>	Troca da ponte rolante de transporte;	R\$ 350.000,00	2,5 meses

Fonte: O autor.

De posse das alternativas, estas irão passar por um processo de triagem, com o intuito de reduzir o espaço de possibilidades para reduzir o esforço computacional para gerar soluções e garantir que cada opção que possa ser escolhida atenda a uma série de requisitos. No caso da empresa estudada os requisitos são: o recurso gasto no projeto não pode ser maior que o recurso disponível para o portfólio (que é de R\$ 600.000,00), o projeto não pode causar redução da qualidade do produto tampouco da capacidade produtiva atual, o projeto deve agregar valor ao processo ou ao produto e ele deve ter prazo de implementação estipulado de no máximo de 6 meses.

No processo de triagem o conjunto de alternativas reduziu de 13 para 11 projetos, sendo retirados do conjunto as alternativas 11 e 12. Na tabela 6 estão os projetos que ainda estão no conjunto de alternativas viáveis.

Tabela 6: Conjunto de alternativas pós triagem.

<b>Alternativas</b>	<b>Breve descrição</b>	<b>Orçamento necessário</b>	<b>Estimativa de tempo</b>
<b>A1</b>	Investimento em marketing digital;	R\$ 40.000,00	1,5 meses
<b>A2</b>	Instituir um setor de prestação de serviço aos clientes, para instrução acerca dos cuidados com os produtos;	R\$ 25.000,00	1,5 meses
<b>A3</b>	Compra de um equipamento para a furação;	R\$ 320.000,00	3 meses
<b>A4</b>	Aumento da capacidade de chapas especiais (jumbo);	R\$ 180.000,00	2 meses
<b>A5</b>	Substituição de todas as roldanas da furação manual;	R\$ 78.500,00	1 mês
<b>A6</b>	Aquisição de um novo equipamento para embalagem de vidro;	R\$ 135.000,00	4 meses
<b>A7</b>	Compra de uma máquina de bisote, reduzindo o fluxo de peças entre as filiais;	R\$ 250.000,00	4 meses
<b>A8</b>	Aumento da capacidade do forno de laminação;	R\$ 100.000,00	3 meses
<b>A9</b>	Instituir o uso de formulários eletrônicos, evitando perda de informação e deslocamento desnecessário;	R\$ 35.000,00	1 mês
<b>A10</b>	Criação de um Programa de Instrução do Trabalho com o Vidro (PITV), para capacitar periodicamente os funcionários;	R\$ 25.000,00	2 meses
<b>A13</b>	Troca da ponte rolante de transporte;	R\$ 350.000,00	2,5 meses

Fonte: O autor.

### ***5.3 Fase 2: Modelo de Decisão Multicritério com o uso do SMARTS.***

Esta etapa representa a avaliação das alternativas (vindas da fase 1) em um modelo de decisão multicritério.

#### ***5.3.1 Definição dos critérios***

O conjunto de critérios  $m$  que é mostrado na tabela 7 já faz parte do contexto da organização e esteve presente em outras decisões, facilitando assim a entendimento do tomador de decisão e a construção da matriz de consequência. Ainda na tabela 7 é mostrado o objetivo buscado em cada critério e qual o tipo de escala de avaliação.

Tabela 7: Conjunto de critérios.

<b>Critério</b>	<b>Breve descrição</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Escala</b>
<b>C1-Financeiro</b>	Aumento da margem de lucro da na comercialização dos produtos;	Maximizar	Qualitativa
<b>C2-Velocidade</b>	Velocidade na confecção da peças de vidro;	Maximizar	Quantitativa
<b>C3- Qualidade</b>	Chance do produto atender a necessidade do cliente;	Maximizar	Qualitativa
<b>C4- Confiabilidade</b>	Atendiemnto ao cliente em tempo hábil;	Maximizar	Qualitativa
<b>C5- Risco Humano</b>	Evitar acidentes nas dependencias da empresa;	Maximizar	Qualitativa
<b>C6- Impacto ambiental</b>	Evitar dano ao meio ambiente durante as atividades da organização;	Maximizar	Quantitativa

Fonte: O autor.

Os critérios pontuados de forma qualitativa usam uma escala de 4 pontos (1, 3, 5 e 7), onde 1 implica que aquela alternativa não tem contribuição naquele critério, 3 implica que a alternativa tem pouca contribuição neste critério, 5 representa uma média contribuição e 7 que ela tem um alta contribuição. O critério Financeiro (C1) está relacionado a redução de insumos usados e de desperdício de vidro, quebras e outras perdas. Já o critério Impacto ambiental (C6) é avaliado pela diminuição de descarte de materiais degradantes ao meio ambiente, ou pela redução da nocividade do resíduo gerado.

### 5.3.2 Ordem de Preferência dos Critérios

A ordenação dos critérios foi realizada segundo o procedimento de elicitação mostrado por Edwards e Barron (1994) chamado de *swing (parte 1)*, onde o decisor tem a oportunidade de melhorar o desempenho da alternativa fictícia em um critério de cada vez, até que todos os critérios sejam escolhidos. Ao fim desse procedimento, foi obtido a ordem de preferência dos critérios que foi: Confiabilidade (C4), Velocidade (C2), Qualidade (C3), Financeiro (C1), Risco Humano (C5) e por fim Meio Ambiente (C6).

### 5.3.3 Procedimento de Swing para estabelecimento dos pesos

Na tabela 8 está a matriz de avaliação das alternativas em cada critério, bem como o valor de importância relativa de cada critério elicitado pelo decisor ( $P_j$ ) e o peso de cada critério ( $K_j$ ) calculado através da Equação 2 através do procedimento de *swing (parte 2)*.

Tabela 8: Matriz de consequência, e grau de importância dos critérios.

	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>	<b>C4</b>	<b>C5</b>	<b>C6</b>
<b>A1</b>	3	20	3	1	1	5
<b>A2</b>	1	1	5	1	1	0
<b>A3</b>	5	25	5	5	3	15
<b>A4</b>	7	30	5	3	1	25
<b>A5</b>	3	30	3	3	5	10
<b>A6</b>	5	10	5	3	3	10
<b>A7</b>	3	15	3	5	1	5
<b>A8</b>	5	15	3	5	1	10
<b>A9</b>	3	20	3	3	1	20
<b>A10</b>	1	10	3	5	5	10
<b>A13</b>	3	10	1	3	5	0
<b>Pj</b>	40	80	50	100	28	15
<b>Kj</b>	0,1278	0,2556	0,1597	0,3195	0,0895	0,0479

Fonte: O autor.

Para realizar a agregação aditiva, fez-se necessário realizar uma transformação de escala, também chamada de normalização, considerando que a função valor dentro de cada critério se comporta linearmente. Para este trabalho foi usado o procedimento 1, descrito em Almeida (2013), calculando o desempenho de cada alternativa dentro de cada critério conforme Equação 1.

#### 5.3.4 Valor Global das Alternativas por Agregação Aditiva

Após a normalização intracritério, o valor global de cada projeto pôde ser calculado através da equação 4 e estão expostos na tabela 9.

Tabela 9: Valor global das alternativas.

Alternativa	$\sum_{j=1}^m K_j * V_j(a)$
<b>A1</b>	0,2995
<b>A2</b>	0,1597
<b>A3</b>	0,8494
<b>A4</b>	0,7508
<b>A5</b>	0,6464
<b>A6</b>	0,5479
<b>A7</b>	0,5749
<b>A8</b>	0,6271
<b>A9</b>	0,4880
<b>A10</b>	0,5873
<b>A13</b>	0,3711

Fonte: O autor.

### 5.3.5 Valor Global dos Portfólios

A geração dos portfólios foi feita da seguinte forma: foram gerados todas as combinações de portfólios possíveis, posteriormente, através de programação inteira binária, foi atribuído valor 1 (caso o projeto estivesse no portfólio) ou 0 (caso o projeto não estivesse no portfólio), e, finalmente, caso o projeto estivesse no portfólio o seu valor global e orçamento necessário seriam incluídos no valor total e orçamento total do portfólio.

O tamanho máximo de projetos no portfólio é 7, a partir de 8 projetos não há mais alternativas dentro do orçamento disponível, a indicação de solução viável para aplicação está disposta na tabela 10, onde é possível notar que o melhor portfólio, segundo o método usado é o composto pelos projetos: A1, A4, A5, A6, A8, A9 e A10, que atende aos requisitos impostos e melhor se adequa a subjetividade do problema.

Tabela 10: Solução do modelo multicritério.

Portfólio viável	Posição geral	Valor Global do Portfólio	Portifólio	Orçamento
<b>1°</b>	<b>100°</b>	<b>3,9471</b>	<b>A1 A4 A5 A6 A8 A9 A10</b>	<b>R\$ 593.500,00</b>
2°	163°	3,8073	A2 A4 A5 A6 A8 A9 A10	R\$ 578.500,00
3°	254°	3,6476	A4 A5 A6 A8 A9 A10	R\$ 553.500,00
4°	274°	3,6188	A1 A2 A4 A5 A6 A8 A10	R\$ 583.500,00
5°	312°	3,5589	A1 A2 A4 A5 A8 A9 A10	R\$ 483.500,00

Fonte: O autor.

### 5.3.6 Solução e Análise de Sensibilidade

Pode-se observar pequenas variações nos portfólios da tabela 10, que mantêm como base os projetos A4, A5, A8 e A10, e em apenas um dos portfólios o projeto A9 não é incluído. Por se tratar de um problema de natureza compensatória, também é esperado que as soluções de melhor valor sejam também as que mais consumam recursos, logo, os portfólios de maior valor tendem a se aproximar do orçamento máximo disponível. De acordo com a experiência do tomador de decisão, era esperado que os portfólios de maior valor contivessem projetos que prezem pela redução de quebras e minimização do desperdício de matéria-prima, pois estes são dois grandes problemas enfrentados por empresas do ramo de transformação de vidro.

Para avaliar a robustez do modelo de decisão e simular uma variação nas preferências do decisor foi realizada uma análise de sensibilidade, que se deu em duas etapas, sendo observados os 5 portfólios de maior valor, segundo as preferências do tomador de decisão. Primeiramente foram simulados 1000 casos variando os pesos  $K_j$  aleatoriamente em dez por cento em torno dos valores da tabela 8, como resultado o portfólio indicado como melhor decisão não se alterou. Posteriormente a variação dos pesos foi alterada para vinte por cento e foram simulados novos 1000 casos, o portfólio composto por A1, A4, A5, A6, A8, A9 e A10, ainda foi a melhor indicação em 96,1% dos casos, em 0,39% dos casos era indicado uma alternativa de portfólio com a troca de A1 por A2. Os outros portfólios se alternavam com maior frequência, mostrando certa indiferença entre a escolha destes.

## 6 RESULTADOS E CONCLUSÃO

Os resultados foram satisfatórios sendo possível alinhar as ações para alcançar as metas de longo prazo. O uso do VFT se mostrou eficiente para organizar o pensamento do tomador de decisão, tornando perceptível que a tomada de decisão através apenas da experiência pode leva-lo a uma decisão menos precisa. Foi possível notar um aumento significativo no número de alternativas, isso pode ter ocorrido devido à análise prévia dos pontos importantes (objetivos), ou por conta da geração de informação vinda dos relatórios de produção.

A geração de conhecimento foi notória, pois boa parte dos pontos importantes levantados na fase 1, podem ser usados com base para um novo modelo de seleção, no entanto foi uma etapa difícil conforme enfatizou Keeney (1994). Considerar os problemas de manufatura nas decisões estratégicas também foi de grande valia, concordando com Esmeraldo e Belderrain (2010), é possível tomar decisões que considerem, de maneira conjunta: problemas existentes, problemas futuros e oportunidades de melhoria.

O modelo aditivo compensatório era adequado ao contexto do problema e foi eficiente na geração da solução final. O SMARTS foi eficiente na extração das preferências do decisor de maneira simples, agregando valor ao modelo e possibilitando a montagem dos portfólios e avaliação das melhores soluções. A robustez do modelo foi verificada através da variação dos pesos dos critérios, sendo possível avaliar que, mesmo com uma variação de vinte por cento nos pesos, a solução se manteve na grande maioria dos casos. Mesmo quando a solução variou, seis dos sete projetos se mantiveram na solução.

De maneira geral o modelo de decisão gerou informação para auxiliar a tomada de decisão, apenas com informações dos próprios colaboradores, realizando uma análise do ambiente fabril e com os recursos disponíveis na empresa.

A aplicação do modelo gerou impacto em toda a empresa, reforçando que todo o trabalho é importante e que cada ação de melhoria tem seu impacto positivo em algum critério considerado importante pelo decisor. Outra conclusão importante é que o modelo contribui para o bem estar dos colaboradores e da população local, tendo em vista a importância dada à saúde e segurança e a busca por reduzir o impacto ambiental gerado pelos trabalhos da organização.

## REFERÊNCIAS

- ABRAVIDRO. **O Vidro Plano**. São Paulo, Agosto 2016. Disponível em <<https://abravidro.org.br/o-vidroplano>> Acesso em: 20 Março 2021.
- ABUABARA, L.; PAUCAR-CACERES, A.; BELDERRAIN, M. C. N. **A systemic framework based on Soft OR approaches to support teamwork strategy: An aviation manufacturer Brazilian company case**. Journal of the operational research society, VOL. 69, p. 220-234, 2018.
- ALMEIDA, A. T. de. **Processo de Decisão nas Organizações: Construindo Modelos de Decisão Multicritério**. São Paulo, Atlas, 2013.
- ALMEIDA, S.; MORAIS, D. C.; ALMEIDA, A. T. **Agregação de pontos de vista de stakeholders utilizando o value-focused thinking à mapeamento cognitivo**. Production, v. 24, n 1, p. 144-159, 2014.
- CHEN, Y. -S.; CHONG, M. Y.; TONG, M. Y. **Mathematical and computer modelling of the Pareto principle**. Mathematical and Computer Modelling, v. 19(9), p. 61-80, 1994.
- CHU, P.-Y. V.; HSU, Y.-L.; FEHLING, M. **A decision support system for project portfolio selection**. Computers in Industry, v. 32(2), p. 141–149, 1996.
- COOKE-DAVIES, T. **The “real” success factors on projects**. International Journal of Project Management v. 20, p. 185-190, 2002.
- CUNHA, A. A.; MORAIS, D. C. **Analysing the use of cognitive maps in an experiment on a group decision process**. Journal of the Operational Research Society, v. 67, p. 1459-1468, 2016.
- CUNHA, C. S.; PEREIRA, K. A.; SOUZA, R. V.; RIBEIRO, R. P.; SILVA, D. C. **ESTUDO DE TEMPOS APLICADOS A UMA EMPRESA DE TRANSFORMAÇÃO DE VIDROS: UMA ANÁLISE DA CAPACIDADE PRODUTIVA**. Fortaleza,CE, XXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção – ENEGEP., 2015.
- CUNHA, A. A. R.; SILVA FILHO, J. L.; MORAIS, D. C. **Aggregation Cognitive Maps Procedure for Group Decision Analysis**. Kybernetes, v. 45, p. 589-603, 2016.
- ESMERALDO, L.; BELDERRAIN, M. C. N. **Métodos de Estruturação de Problemas SODA – Strategic Options Development and Analysis e VFT – Value Focused Thinking em Métodos**

**Multicritério de Apoio à Decisão (AMD).** Anais do XVI Encontro de Iniciação Científica e Pós-Graduação do ITA. São Paulo, 2010.

FU, C.; LIU, W.; CHANG, W. **Data-driven multiple criteria decision making for diagnosis of thyroid cancer.** Annals of Operations Research, 2018.

GONÇALVES, T. J. M. **Adaptação do Value Focused Thinking à identificação de objetivos de desempenho da qualidade.** XVII SIMPEP, Bauru, UNESP, p. 1-16, 2010.

HESARSORKH, A. H.; ASHAYERI, J.; NAEINI, A. B. **Pharmaceutical R&D project portfolio selection and scheduling under uncertainty: A robust possibilistic optimization approach.** Computers & Industrial Engineering, v. 155, 2021.

HOLANDA, C. L. S.; FONTANA, M. E. **ESTRUTURAÇÃO DE PROBLEMAS DO GERENCIAMENTO DE ESTOQUES NA LOGÍSTICA REVERSA: UM ESTUDO DE CASO NO SEGMENTO MOVELEIRO DO INTERIOR PERNAMBUCANO.** XLVIII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional. Vitória, ES, 2016.

HUI, S. C.; JHA, G. **Data mining for customer service support.** Information & Management, 38(1), 1–13, 2000.

KEENEY, R. L. **Creativity in decision making with Value Focused Thinking.** Sloan Management Review, v. 35, p. 33-41, 1994.

KEENEY, R. L. **Value-Focused Thinking: Identifying decision opportunities and creating alternatives.** European Journal of Operational Research, v. 92, p. 537-549, 1996.

KEENEY, R. L. **The Value of Internet Commerce to the Customer.** Management Science, v. 45, p. 533-542, 1999.

LIMA, M. B. B. P. B. **Gestão da qualidade e o redesenho de processos como modelo de desenvolvimento organizacional em hospitais públicos universitários: o caso do hospital de clínicas da UNICAMP.** 174f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, Campinas, 2007.

LIU, F.; CHEN, Y.; YANG, J.; XU, D.; LIU, W. **Solving multiple-criteria R&D project selection problems with a data-driven evidential reasoning rule.** International Journal of Project Management, v. 37(1), p. 87–97, 2019.

MAI N. C.; VALENTINA, L. V. O. D.; BATIZ, E. C.; HURTADO, L. B. **Análise da Gestão de Processos com foco Nos Princípios da Qualidade em Uma Indústria de Vidros.** Espacios, v. 38, p. 26, 2017.

MAVROTAS, G.; MAKRYVELIOS, E. **Combining multiple criteria analysis, mathematical programming and Monte Carlo simulation to tackle uncertainty in Research & Development project portfolio selection: A case study from Greece.** European Journal of Operational, v. 291, p. 794-806, 2020.

MIRANDA, J.; TERESO, A.; TEIXEIRA, J. C. **Multicriteria analysis as a better tool for the selection of public projects alternatives.** Procedia Computer Science, v. 181, p. 545-552, 2021.

MONTE, M. B. S.; MORAIS, D. C. **APLICAÇÃO DO VFT PARA A GESTÃO DE OPERAÇÕES DO ABASTECIMENTO DE ÁGUA NA REGIÃO DE PRESERVAÇÃO HISTÓRICA DE OLINDA-PE.** XLIX Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Blumenau, SC, 2017.

MORAIS, D. C.; ALENCAR, L. H.; COSTA, A. P. C. S.; KEENEY, R. L. **Using value-focused thinking in Brazil.** Pesquisa Operacional, v. 33, p73-88, 2013.

NASCIMENTO, A. L.; ALMEIDA, C. S. L.; SIQUEIRA, I. B. R. I.; ALVAREZ, R. M. **A QUALIDADE NO ATENDIMENTO E A SATISFAÇÃO DO CLIENTE - ANÁLISE DO ATENDIMENTO PRESTADO PELAS EMPRESAS DO COMÉRCIO VAREJISTA DA CIDADE DE RESENDE-RJ.** XV Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologias – SEGeT, Resende, RJ, 2018.

PACHECO, D. A. J.; MACHADO, L.; JUNG, C. F.; TEN CATEN, C. S. **Investigando o uso da mineração de dados nos processos de gestão da qualidade total um estudo de caso na indústria.** Espacios. V. 34, p. 15, 2013.

PMI. **A Guide Project Management Body of Knowledge**. Third ed, Project Management Institute, 2004.

REZAHOSEINI, A.; GHANNADPOUR, S. F.; HEMMATI, M. **A comprehensive mathematical model for resource-constrained multi-objective project portfolio selection and scheduling considering sustainability and projects splitting**. Journal of Cleaner Production, v. 269, 2020.

SHIVAJEE, V.; SINGH, R. K.; RASTOGI, S. **Manufacturing conversion cost reduction using quality control tools and digitization of real-time data**. Journal of Cleaner Production, v. 237, 2019.

SITCHARANGSIE, S.; IJOMAH, W.; WONG, T.C. **Decision makings in key remanufacturing activities to optimise remanufacturing outcomes: A review**. Journal of Cleaner Production Journal of Cleaner Production, v. 232, p. 1465-1481, 2019.

SILVA, H. A.; ALVES, L. H. D.; MARINS, F. A. S.; SILVA, M. B.; FERREIRA, U. R. **Uso do AHP na avaliação de desempenho do sistema de gestão da qualidade, meio ambiente, segurança e saúde ocupacional integrados**. Dirección y Organización, 2011.

OLIVEIRA, S. G. F.; SILVA, D. R. G.; ALMEIDA, J. A. **MODELO MULTICRITÉRIO PARA APOIAR A SELEÇÃO DO PORTFÓLIO DE MELHORIA: UMA APLICAÇÃO EM UMA EMPRESA DO SETOR VIDRACEIRO**. III Simpósio Nacional de Engenharia de Produção – SINEP, Dourados, MS, 2021.

TAGHEZOUT, N.; ZARATÉ, P. **Supporting a multicriterion decision making and multi-agent negotiation in manufacturing systems**. Intelligent Decision Technologies, France, v. 3, p. 139-155, 2009.

WITTEN, I. H.; FRANK, E.; HALL, M. A.; PAL, C.J. **Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques**. Morgan Kaufmann, 4th ed, Boston, 2016.

YAN, H.; YANG, N.; PENG, Y.; REN, Y. **Data mining in the construction industry: Present status, opportunities, and future trends**. Automation in Construction, v. 119, 2020.

ZHOU, F.; WANG, X.; GOH, M.; ZHOU, L.; HE, Y. **Supplier portfolio of key outsourcing parts selection using a two-stage decision making framework for Chinese domestic auto-factory.** Computers & Industrial Engineering, v. 128, p. 559-575, 2018.

ZOLGHADRI, M.; ECKERT, C.; ZOUGGAR, S.; GIRARD, P. **Power-based supplier selection in product development projects.** Computers in Industry, v. 62(5), p. 487–500, 2011.

## APÊNDICE A – TIPOS DE MATERIA-PRIMA E GRUPOS

Neste anexo são mostrados todos os produtos disponíveis em estoque para serem trabalhados pela empresa a que o trabalho se refere. Valendo salientar que não necessariamente todos os tipos de vidro foram usados durante o período de estudo.

GRUPO	MATÉRIA PRIMA
<b>VIDRO COMUM</b>	CHAPA VIDRO COMUM 3,15MM - INC.
	CHAPA VIDRO COMUM 4MM - INC.
	CHAPA VIDRO 5MM – INC.
	CHAPA VIDRO COMUM 6MM - INC.
	CHAPA VIDRO COMUM 8MM - INC.
	CHAPA VIDRO COMUM 10MM - INC.
	CHAPA VIDRO COMUM 12MM - INC.
	CHAPA VIDRO COMUM 15MM - INC.
	CHAPA VIDRO COMUM 4MM – CINZA
	CHAPA VIDRO COMUM 6MM – CINZA
	CHAPA VIDRO COMUM 8MM – CINZA
	CHAPA VIDRO COMUM 10MM – CINZA
	CHAPA VIDRO COMUM 4MM – VERDE
	CHAPA VIDRO COMUM 6MM – VERDE
	CHAPA VIDRO COMUM 8MM – VERDE
	CHAPA VIDRO COMUM 10MM – VERDE
	CHAPA VIDRO COMUM 4MM – VERDE
	CHAPA VIDRO COMUM 6MM – BRONZE
	CHAPA VIDRO COMUM 8MM – BRONZE
	CHAPA VIDRO COMUM 10MM – BRONZE
<b>VIDRO HABITAT</b>	CHAPA VIDRO COMUM 8MM - EXTRA CLEAR (DIAMANT)
	CHAPA VIDRO COMUM 10MM - EXTRA CLEAR (DIAMANT)
	CHAPA V.HBT NEUTRO CHN ST 6MM – INC.
	CHAPA VIDRO HABITAT REFL. 4MM – CHAMPAGNE
	CHAPA VIDRO HBT REFL. 6MM – CHAMPAGNE
	CHAPA VIDRO HBT REFL. 8MM – CHAMPAGNE
	CHAPA VIDRO HBT REFL. 10MM – CHAMPAGNE
	CHAPA VIDRO HBT REFL. 4MM – CINZA
	CHAPA VIDRO HBT REFL. 6MM – CINZA
	CHAPA VIDRO HBT REFL. 8MM – CINZA
	CHAPA VIDRO HBT REFL. 10MM – CINZA
	CHAPA VIDRO HBT REFL. 4MM - VERDE ESMERALDA

	CHAPA VIDRO HBT REFL. 6MM - VERDE ESMERALDA
	CHAPA VIDRO HBT REFL. 8MM - VERDE ESMERALDA
	CHAPA VIDRO HBT REFL 10MM - VERDE ESMERALDA
	CHAPA VIDRO HBT REFL. 4MM – VERDE
	CHAPA VIDRO HBT REFL. 6MM – VERDE
	CHAPA VIDRO HBT REFL. 8MM – VERDE
	CHAPA VIDRO HBT REFL 10MM – VERDE
	CHAPA VIDRO HBT NEUTRO 4MM - INC.
	CHAPA VIDRO HBT NEUTRO 6MM - INC.
	CHAPA VIDRO HBT NEUTRO 8MM - INC.
	CHAPA VIDRO HBT NEUTRO 10MM - INC.
	CHAPA VIDRO HBT REFL. 4MM – AZUL
	CHAPA VIDRO HBT REFL. 6MM – AZUL
	CHAPA VIDRO HBT REFL. 8MM – AZUL
	CHAPA VIDRO HBT REFL. 10MM – AZUL
	CHAPA VIDRO HBT NEUTRO 4MM – VERDE
	CHAPA VIDRO HBT NEUTRO 6MM – VERDE
	CHAPA VIDRO HBT NEUTRO 8MM – VERDE
	CHAPA VIDRO HBT NEUTRO 10MM – VERDE
	CHAPA VIDRO HBT NEUTRO 4MM – CINZA
	CHAPA VIDRO HBT NEUTRO 6MM – CINZA
	CHAPA VIDRO HBT NEUTRO 8MM – CINZA
	CHAPA VIDRO HBT NEUTRO 10MM – CINZA
<b>VIDRO ÁSPERO</b>	CHAPA VIDRO IMPRESSO 7/8MM - INC. – PONTILHADO
	CHAPA VIDRO IMPRESSO 7/8MM - INC. – QUADRATO
	CHAPA VIDRO IMPRESSO 7/8MM - INC. – DUNAS

## APÊNDICE B – PRODUÇÃO E PERDA POR TIPO DE MATERIAL

A fração de área perdida é mostrada a seguir, sabendo que se esta fração é zero, significa que nada deste tipo de vidro foi produzido no intervalo de tempo analisado.

GRUPO	MATÉRIA PRIMA	PRODUÇÃO (M²)	DESPERDÍCIO (M²)
<b>VIDRO COMUM</b>	CHAPA VIDRO COMUM 3,15MM - INC.	469,944	14,00%
	CHAPA VIDRO COMUM 4MM - INC.	14592,206	20,02%
	CHAPA VIDRO 5MM – INC.	734,448	22,20%
	CHAPA VIDRO COMUM 6MM - INC.	7138,364	11,40%
	CHAPA VIDRO COMUM 8MM - INC.	47729,354	7,67%
	CHAPA VIDRO COMUM 10MM - INC.	20341,608	8,74%
	CHAPA VIDRO COMUM 12MM - INC.	359,520	52,70%
	CHAPA VIDRO COMUM 15MM - INC.	50,558	34,21%
	CHAPA VIDRO COMUM 4MM - CINZA	299,814	39,00%
	CHAPA VIDRO COMUM 6MM - CINZA	638,403	21,75%
	CHAPA VIDRO COMUM 8MM - CINZA	15710,105	7,76%
	CHAPA VIDRO COMUM 10MM - CINZA	4045,362	9,49%
	CHAPA VIDRO COMUM 4MM - VERDE	130,968	41,93%
	CHAPA VIDRO COMUM 6MM - VERDE	1104,238	17,31%
	CHAPA VIDRO COMUM 8MM - VERDE	13975,056	7,17%
	CHAPA VIDRO COMUM 10MM - VERDE	5106,468	12,45%
	CHAPA VIDRO COMUM 4MM - VERDE	130,968	41,93%
	CHAPA VIDRO COMUM 6MM - BRONZE	251,319	29,08%
	CHAPA VIDRO COMUM 8MM - BRONZE	1008,855	20,07%
	CHAPA VIDRO COMUM 10MM - BRONZE	488,153	24,53%
<b>VIDRO HABITAT</b>	CHAPA VIDRO COMUM 8MM - EXTRA CLEAR (DIAMANT)	471,226	31,61%
	CHAPA VIDRO COMUM 10MM - EXTRA CLEAR (DIAMANT)	484,710	37,17%
	CHAPA V.HBT NEUTRO CHN ST 6MM – INC.	21,186	38,34%
	CHAPA VIDRO HABITAT REFL. 4MM - CHAMPAGNE	170,130	51,69%
	CHAPA VIDRO HBT REFL. 6MM - CHAMPAGNE	796,588	14,73%
	CHAPA VIDRO HBT REFL. 8MM - CHAMPAGNE	3095,722	11,14%
	CHAPA VIDRO HBT REFL. 10MM - CHAMPAGNE	1329,776	16,43%
	CHAPA VIDRO HBT REFL. 4MM - CINZA	164,672	32,90%
	CHAPA VIDRO HBT REFL. 6MM - CINZA	336,083	32,14%
	CHAPA VIDRO HBT REFL. 8MM - CINZA	1640,948	14,07%
	CHAPA VIDRO HBT REFL. 10MM - CINZA	932,932	30,41%
	CHAPA VIDRO HBT REFL. 4MM - VERDE ESMERALDA	0,000	0

	CHAPA VIDRO HBT REFL. 6MM - VERDE ESMERALDA	352,458	31,56%
	CHAPA VIDRO HBT REFL. 8MM - VERDE ESMERALDA	959,148	16,48%
	CHAPA VIDRO HBT REFL. 10MM - VERDE ESMERALDA	418,584	22,88%
	CHAPA VIDRO HBT REFL. 4MM - VERDE	15,408	8,08%
	CHAPA VIDRO HBT REFL. 6MM - VERDE	21,186	32,95%
	CHAPA VIDRO HBT REFL. 8MM - VERDE	7,062	64,32%
	CHAPA VIDRO HBT REFL. 10MM - VERDE	0,000	0
	CHAPA VIDRO HBT NEUTRO 4MM - INC.	0,000	0
	CHAPA VIDRO HBT NEUTRO 6MM - INC.	0,000	0
	CHAPA VIDRO HBT NEUTRO 8MM - INC.	275,418	25,64%
	CHAPA VIDRO HBT NEUTRO 10MM - INC.	275,416	29,59%
	CHAPA VIDRO HBT REFL. 4MM - AZUL	0,000	0
	CHAPA VIDRO HBT REFL. 6MM - AZUL	0,000	0
	CHAPA VIDRO HBT REFL. 8MM - AZUL	124,548	34,34%
	CHAPA VIDRO HBT REFL. 10MM - AZUL	28,248	55,18%
	CHAPA VIDRO HBT NEUTRO 4MM - VERDE	0,000	0
	CHAPA VIDRO HBT NEUTRO 6MM - VERDE	0,000	0
	CHAPA VIDRO HBT NEUTRO 8MM - VERDE	56,496	39,77%
	CHAPA VIDRO HBT NEUTRO 10MM - VERDE	36,594	28,91%
	CHAPA VIDRO HBT NEUTRO 4MM - CINZA	0,000	0
	CHAPA VIDRO HBT NEUTRO 6MM - CINZA	15,408	7,32%
	CHAPA VIDRO HBT NEUTRO 8MM - CINZA	35,310	44,57%
	CHAPA VIDRO HBT NEUTRO 10MM - CINZA	0,000	0
<b>VIDRO ÁSPERO</b>	CHAPA VIDRO IMPRESSO 7/8MM - INC. - PONTILHADO	37,620	42,97%
	CHAPA VIDRO IMPRESSO 7/8MM - INC. - QUADRATO	125,400	40,69%
	CHAPA VIDRO IMPRESSO 7/8MM - INC. - DUNAS	20,900	41,50%

## APÊNDICE C – ATIVIDADES DE IMPORTÂNCIA NO PROCESSO

As atividades aqui exibidas dizem respeito as que possuem ligação com o setor produtivo, logo, os setores operantes na empresa não se resumem aos existentes neste anexo. A descrição foi feita com base no conhecimento dos gestores e supervisores de produção da empresa onde se aplicou o modelo.

Setor	Responsabilidades Básicas
Vendas	Setor de relacionamento direto com o cliente, sendo responsável por: realizar o cadastro do cliente, verificar a disponibilidade de matéria prima ou peças prontas em estoque (Se preciso consultam o PCP) e registram a ordem de serviço com as informações do pedido do cliente.
Design	Caso o cliente deseje uma peça com desenho específico (formas não retangulares ou peças fora de esquadro), neste setor é desenhado um molde específico em madeira para auxiliar na confecção da peça em vidro.
PCP	Fica a cargo do PCP analisar o andamento da produção, atualizar os estoques de matéria prima e produto acabado, localizar peças no setor produtivo, otimizar as peças nas chapas de matéria prima (Planos de Corte), realização de solicitações de compras, liberação de pedidos e liberação das rotas ao setor de expedição.
Corte	Tem a função de receber os Planos de corte gerados no PCP, programar a máquina para a riscagem, destacar as peças de vidro manualmente e separar as peças por espessura.
Lapidação	Recebe as peças de vidro destacadas, separando-as por tipo de lapidação (reta, boleada ou sem lapidação), calibrar as máquinas de lapidação e alimentá-las com as peças com aquela lapidação específica.
Furação	Setor responsável por realizar furos ou recortes que não podem ser feitos no setor de corte, também é realizado a lapidação de superfícies curvas (pois as máquinas do setor de lapidação só lapidam arestas retas)
Bisote	Este processo é um tipo de lapidação especial, que realiza um acabamento inclinado na aresta da peça de vidro, que acontece em baixo volume e é realizada em outra filial da empresa.
Lavadora	Responsável por deixar as peças limpas para que seja possível a detecção de problemas como: metalização (manchas no vidro), Bolhas (bolha de ar no interior do vidro), falhas na lapidação, arranhões e outros problemas com a peça.
Conferência	Onde a peça é comparada com o seu projeto inicial. São conferidos a cor, espessura, dimensões, ausência de recortes e verificadas se há não conformidades assim como na lavadora. Além disso as peças são separadas para serem temperadas, bisotadas ou laminadas.
Serigrafia	Processo de pintura customizada no vidro, processo esse que precisa ser realizado antes do vidro ser temperado.

Laminado/Película	Responsável por dar característica de segurança à peça de vidro. No vidro Laminado são combinados peças de vidro e entre elas é colocado um material plástico que evita que os estilhaços de vidro se desprendam e caiam (sendo apropriado para fachadas de edifícios, residenciais e outras aplicações). O vidro com película é usado também para evitar que os cacos vidro se desprendam da superfície caso a peça seja danificada.
Forno	Processo de tempera do vidro, onde o vidro é aquecido a cerca de 600 graus celsius e resfriados em seguida, proporcionando maior resistência ao material, fazendo com que o vidro se estilhaça caso quebre, evitando acidentes ainda mais graves.
Expedição	Nesta etapa as peças são separadas em peças de clientes e peças padrão, para estoque. As de estoque são separadas por tipo (Box, Janelas, Portas, etc) e as de clientes são separadas por estado para que sejam alocadas em cada rota rumo aos clientes finais.