



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA

BACHARELADO EM ENGENHARIA QUÍMICA

AZIZ TEÓFILO CALIFE NETO

**OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE MASSA CORRIDA E
ACRÍLICA UTILIZANDO FERRAMENTAS DA QUALIDADE**

RECIFE

2025

AZIZ TEÓFILO CALIFE NETO

**OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE MASSA CORRIDA E
ACRÍLICA UTILIZANDO FERRAMENTAS DA QUALIDADE**

TCC apresentado ao curso de Engenharia Química da Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico do Recife, como requisito para a obtenção do título de bacharel em Engenharia Química.

Orientador: Prof. Dr. Felipe Pedro da Costa Gomes

RECIFE

2025

**Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE**

Calife Neto, Aziz Teófilo.

Otimização do processo de fabricação de massa corrida e acrílica utilizando
ferramentas da qualidade / Aziz Teófilo Calife Neto. - Recife, 2025.
46 p : il., tab.

Orientador(a): Felipe Pedro da Costa Gomes

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de
Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Engenharia Química -
Bacharelado, 2025.

Inclui referências, apêndices.

1. Otimização de processos. 2. Ferramentas da qualidade. 3. Metodologia
A3. 4. Tempo de ciclo. I. Gomes, Felipe Pedro da Costa. (Orientação). II. Título.

620 CDD (22.ed.)

AZIZ TEÓFILO CALIFE NETO

**OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE MASSA CORRIDA E
ACRÍLICA UTILIZANDO FERRAMENTAS DA QUALIDADE**

TCC apresentado ao curso de Engenharia Química da Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico do Recife, como requisito para a obtenção do título de bacharel em Engenharia Química.

Aprovado em: 14/08/2025.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente



FELIPE PEDRO DA COSTA GOMES

Data: 15/09/2025 13:29:41-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Felipe Pedro da Costa Gomes (Orientador)

Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

Documento assinado digitalmente



MAYARA FERREIRA BARBOSA

Data: 15/09/2025 13:47:17-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^a. Dr^a. Mayara Ferreira Barbosa (Examinador Interno)

Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

Documento assinado digitalmente



BARBARA WITTKOWSKI FENDRICH

Data: 15/09/2025 15:06:15-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Me. Barbara W. Fendrich (Examinador Externo)

Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

AGRADECIMENTOS

Desde o início do curso, sempre me imaginei chegando à reta final, concluindo minha jornada no Departamento de Engenharia Química. Agradeço a Deus por me conceder força, saúde e perseverança para alcançar essa conquista acadêmica.

Aos meus pais Eduardo Calife e Françoeise Calife que sempre estiveram ao meu lado, oferecendo amor, apoio emocional, incentivo incondicional e muita inspiração. Vocês foram fundamentais para que eu chegassem até aqui.

Aos meus irmãos Brenda Calife e Victor Calife, por serem minha base, meu riso fácil nos dias difíceis e meu apoio silencioso em todos os momentos. Ter vocês ao meu lado torna qualquer caminhada mais leve.

Ao meu orientador, Felipe Pedro Gomes, pela paciência com as inúmeras versões de trabalhos que lhe enviei para correção, e por sua dedicação e vasto conhecimento, que foram fundamentais ao longo de todo o processo.

Aos colegas de curso, em especial Alex Junior, Hugo Tiburtino, Ícaro Vinicius, Carlos Belo, Erik Felipe, Marcos Gabriel e Guilherme Albuquerque pela troca de conhecimento, pela parceria e por todos os momentos de aprendizado compartilhados. Juntos, enfrentamos desafios e conquistamos vitórias ao longo dessa caminhada.

RESUMO

O setor de tintas e revestimentos, caracterizado por grandes volumes de produção e demanda constante, exige processos de fabricação cada vez mais eficientes. Nesse contexto, este trabalho aborda a otimização do processo de fabricação de massa corrida e acrílica, visando o aumento da eficiência e da capacidade produtiva por meio da aplicação de ferramentas da qualidade. Trata-se de um estudo de caso que utiliza a metodologia A3 para diagnosticar gargalos operacionais em um ciclo de produção. A análise do processo emprega a cronoanálise para coleta de dados, o diagrama de Pareto para identificação das etapas críticas e o diagrama de causa e efeito com a análise dos 5 porquês para determinar as causas raiz dos problemas. Os resultados apontaram que 88,2% do tempo de ciclo se concentram em três etapas principais, tendo como causas fundamentais a ausência de paralelismo nas operações, a inadequação técnica de equipamentos e a ineficiência na transferência de matéria-prima. A partir desse diagnóstico, foi proposto um conjunto de contramedidas e, para guiar sua aplicação, foi elaborada uma matriz de priorização de Esforço x Impacto que classifica as ações e auxilia na tomada de decisão estratégica. Conclui-se que a abordagem sistemática foi capaz de alcançar a proposição de soluções para redução do tempo de processamento de massa corrida em até 50 minutos, através de melhorias significativas em eficiência, segurança e ergonomia.

Palavras-chave: Otimização de processos; Ferramentas da qualidade; Metodologia A3; Tempo de ciclo.

.

ABSTRACT

The paints and coatings sector, characterized by large production volumes and constant demand, requires increasingly efficient manufacturing processes. In this context, this work addresses the optimization of the manufacturing process for putty and acrylic filler, aiming to increase efficiency and production capacity through the application of quality tools. This is a case study that uses the A3 methodology to diagnose operational bottlenecks in a production cycle. The process analysis employs time study for data collection, the Pareto chart to identify critical stages, and the cause-and-effect diagram with the 5 Whys analysis to determine the root causes of the problems. The results indicate that 88.2% of the cycle time is concentrated in three main stages, with the fundamental causes being the lack of parallelism in operations, the technical inadequacy of equipment, and inefficient raw material transfer. Based on this diagnosis, a set of countermeasures is proposed. To guide their implementation, an Effort vs. Impact prioritization matrix was developed to classify the actions and assist in strategic decision-making. It is concluded that the systematic approach was capable of proposing solutions to reduce the putty processing time by up to 50 minutes, through significant improvements in efficiency, safety, and ergonomics.

Keywords: Process optimization; Quality tools; A3 methodology; Cycle time.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
2 OBJETIVOS.....	13
3 REVISÃO DE LITERATURA.....	14
3.1 MASSAS.....	14
3.2 COMPOSIÇÃO.....	14
3.3 PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE MASSAS	15
3.4 MATÉRIAS PRIMAS.....	16
3.4.1 Resinas.....	17
3.4.2 Solvente	17
3.4.3 Aditivos.....	17
3.4.3.1 Espessante	17
3.4.3.2 Umectantes	18
3.4.3.3 Dispersantes.....	18
3.4.3.4 Antiespumantes	18
3.4.3.5 Biocidas.....	19
3.4.4 Cargas minerais.....	19
3.5 MASSA CORRIDA E MASSA ACRÍLICA	19
3.6 GESTÃO DA QUALIDADE.....	20
3.6.1 Diagrama de Pareto	20
3.6.2 Cronoanálise	21
3.6.3 Diagrama de causa e efeito	22
3.6.4 Análise dos 5 porquês.....	23
3.6.5 Matriz de priorização.....	23
3.6.6 Metodologia de projeto A3	24
4 METODOLOGIA	26

4.1 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA.....	26
4.2 ANÁLISE DE CAUSAS.....	26
4.3 PLANO DE AÇÃO.....	27
5 RESULTADOS.....	28
5.1 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA.....	28
5.1.1 Variabilidade do processo.....	28
5.1.2 Estudo de impacto	29
5.1.3 Capacidade produtiva.....	30
5.2 ANÁLISE DE CAUSAS.....	30
5.2.1 Análise com diagrama de causa e efeito	31
5.2.1.1 Método	31
5.2.1.2 Mão de obra.....	31
5.2.1.3 Máquina.....	32
5.2.1.4 Materiais.....	32
5.2.2 Análise com o método dos 5 porquês.....	32
5.2.2.1 Ociose na etapa de adição de água.....	33
5.2.2.2 Elevado tempo de homogeneização	33
5.2.2.3 Elevado tempo na transferência de espessante para a masseira	34
5.2.2.4 Elevado tempo de dosagem de aditivos	34
5.2.2.5 Elevado tempo na transferência de carga para a masseira	35
5.3 PLANO DE AÇÃO.....	35
5.3.1 Soluções de baixo investimento e rápida implementação	36
5.3.1.1 Paralelismo de etapas.....	36
5.3.1.2 Cronograma de limpeza e manutenção de equipamento.....	36
5.3.1.3 Automatização na dosagem de aditivos	36
5.3.1.4. Impacto das soluções de baixo investimento.....	36

5.3.2 Soluções de alto investimento e impacto estrutural.....	37
5.3.2.1 Implementação de um agitador disco de Cowles.....	37
5.3.2.2 Implementação de um sistema de <i>slurry</i>	39
5.3.3 Impacto quantitativo das melhorias no tempo de produção	41
5.4 PRIORIZAÇÃO DAS PROPOSTAS	42
6 CONCLUSÃO	43
REFERÊNCIAS	44
APÊNDICE - Registros de processos produtivo de massa corrida.....	46

1 INTRODUÇÃO

A busca constante por qualidade tem se consolidado como um dos pilares essenciais para o êxito das empresas nos mais diversos segmentos industriais, especialmente nas que operam com grande escala de produção. Em um mercado global cada vez mais competitivo, as organizações não só precisam assegurar que seus produtos atendam às expectativas dos consumidores, mas também otimizar seus processos produtivos para alcançar níveis máximos de eficiência, reduzindo desperdícios e controlando custos (Zanotto, 2020).

Nesse contexto, a metodologia A3 emerge como um instrumento essencial para otimizar a eficiência e a qualidade. Por meio de uma abordagem estruturada e fundamentada em dados, o método A3 facilita uma análise profunda do problema, permitindo que o usuário compreenda suas verdadeiras causas-raiz. Isso evita a aplicação de correções superficiais que apenas escondem os sintomas, incentivando, em vez disso, soluções precisas e eficazes. O resultado são melhorias sustentáveis que elevam a excelência operacional e a competitividade da organização (Kosaka, 2006).

Segundo Barbiero *et al.* (2024) para otimizar os processos na indústria, a colaboração entre diferentes disciplinas é um fator chave. A criação de times multifuncionais, que reúnem engenheiros, especialistas em qualidade, gestores de projetos e operadores, possibilita a identificação de novas oportunidades e a implementação de soluções criativas. O intercâmbio de perspectivas e experiências entre esses profissionais acelera a otimização e fomenta um ambiente corporativo focado na evolução contínua e no aprendizado conjunto.

A otimização de processos industriais é um esforço dinâmico e ininterrupto; as empresas precisam avaliar seu desempenho constantemente, a fim de responder com agilidade às flutuações do mercado e às novas necessidades dos clientes. A capacidade de adaptação rápida a cenários variáveis é um pilar para sustentar uma vantagem competitiva a longo prazo. Desse modo, aprimorar os processos não se limita a ganhos de eficiência, mas também fortalece o posicionamento da organização no dinâmico mercado global contemporâneo (Neris, 2022).

Para colocar essas estratégias em prática, as empresas utilizam um arsenal de ferramentas da qualidade indispensáveis para o controle e o aprimoramento contínuo, garantindo que a produção de itens mantenha um elevado padrão de qualidade, mesmo em contextos de alta demanda (Faesarella *et al.*, 2006). Nesse panorama, a indústria de tintas e revestimentos, especificamente na produção de complementos como a massa corrida e a massa acrílica, apresenta um campo fértil para a aplicação dessas metodologias de melhoria contínua.

As massas são formulações complexas, compostas por uma dispersão de cargas minerais, resinas, aditivos e água. A precisão na dosagem e na ordem de adição desses componentes, bem como o controle de variáveis de processo como tempo e velocidade de mistura, são determinantes para as propriedades finais do produto, como viscosidade, poder de enchimento e resistência a trincas (Fazenda, 2009). Nesse contexto, qualquer desvio ou variabilidade não controlada no processo produtivo pode resultar em lotes fora de especificação, gerando retrabalho, desperdício de matéria-prima e, em última instância, insatisfação do cliente final, que depende da consistência do produto para obter um acabamento de qualidade em superfícies.

2 OBJETIVOS

O objetivo geral deste estudo é analisar e otimizar o processo de preparo de massas (corrida e acrílica) em uma unidade fabril localizada na região metropolitana do Recife, por meio da aplicação sistemática de um conjunto de ferramentas da qualidade, visando a eliminação de gargalos operacionais, a consequente redução do tempo de ciclo e o aumento mensurável da capacidade produtiva. Para atingir este objetivo, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- Diagnosticar o desempenho do processo atual, através da quantificação dos tempos de cada etapa.
- Identificar os gargalos operacionais e os pontos de maior variabilidade do processo, com base na análise dos dados de tempo e consistência da produção.
- Determinar as causas raiz das ineficiências encontradas, utilizando ferramentas da qualidade para uma análise aprofundada dos problemas.
- Elaborar um plano de ação detalhado, com propostas de melhoria de método, equipamento e gestão, para solucionar as causas raiz identificadas e otimizar a eficiência global do processo.

3 REVISÃO DE LITERATURA

Este tópico consiste na explicação do processo analisado, história do produto, composição, matérias-primas utilizadas no processo, conceitos importantes de ferramentas da qualidade e metodologia que foram utilizadas no decorrer do trabalho.

3.1 MASSAS

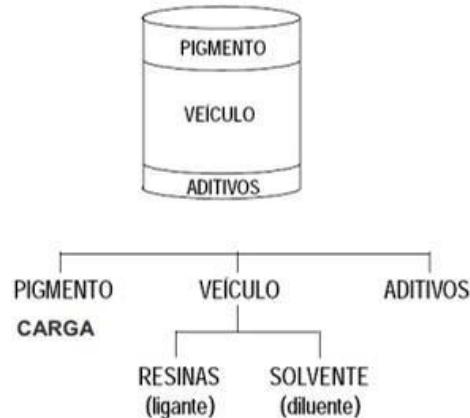
A história das massas remonta a tempos antigos, no Egito antigo, técnicas rudimentares de acabamento já eram utilizadas, com a aplicação de argamassas e gessos para nivelar paredes antes da pintura. Na Roma Antiga, o uso de materiais como cal e pó de mármore em misturas para o acabamento de paredes evidenciava um avanço no preparo de superfícies, contribuindo para o desenvolvimento de técnicas mais refinadas de revestimento decorativo (Silva, 2024).

Durante o período renascentista, observou-se uma evolução nas práticas de acabamento de superfícies, com a aplicação de camadas finas de gesso ou cal para criar bases lisas e uniformes, preparadas para receber pinturas artísticas e decorativas. Essa prática inspirou a criação de produtos modernos como a massa corrida, que surgiria séculos mais tarde com o objetivo de oferecer praticidade e eficiência (Silva, 2024).

3.2 COMPOSIÇÃO

A formulação de revestimentos como a massa corrida e acrílica baseia-se em quatro componentes fundamentais, conforme mostrado na Figura 1; o ligante, que garante a aderência e a coesão do filme, as cargas minerais, que conferem corpo ao produto, consistência e poder de enchimento, os aditivos, que desempenham funções específicas como o controle da viscosidade e a prevenção de umidade e o solvente, que serve como veículo para os demais constituintes (Fazenda, 2009).

Figura 1. Composição típica de vários sistemas de revestimento.



Fonte: Fazano, 1995.

3.3 PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE MASSAS

O processo de fabricação de massas, conforme mostrado na Figura 2, consiste em 4 etapas, sendo elas: fracionamento de matéria-prima, dispersão, análise da qualidade e envase.

Figura 2. Fluxograma do processo de produção de massa.

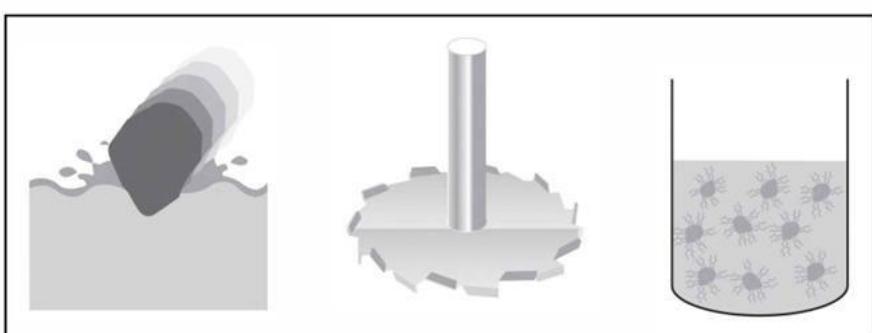


Fonte : Autor, 2025.

A fabricação desse material se inicia na fase de fracionamento, etapa onde o formulador seleciona a quantidade necessária de matéria prima para a formulação. O próximo passo é a etapa mais crítica, a etapa de dispersão das cargas, onde são incorporadas ao veículo líquido (solvente, resina e aditivos) (Holanda, 2023).

Conforme aponta Fazenda (2009) a etapa de dispersão é realizada em três fases e tem como prioridade assegurar a completa homogeneização da mistura e evitar a formação de aglomerados, que comprometeriam a textura e o desempenho do acabamento; na primeira fase, o ar e outras misturas na superfície das cargas são deslocados pela solução de resina, o que transforma a interface de sólido/gás para sólido/resina, à medida que a solução ocupa o espaço entre os aglomerados. A segunda fase, corresponde à dispersão propriamente dita, onde energia mecânica (por impacto e cisalhamento) é utilizada para quebrar os aglomerados de carga, reduzindo seu tamanho. Na terceira e última etapa, a dispersão da carga é estabilizada para prevenir a formação de aglomerados descontrolados, este processo pode ser visualizado na Figura 3.

Figura 3. Etapas da dispersão (adição, quebra das partículas e estabilização).



Fonte: Fazenda, 2009.

Concluída a fabricação, o lote é encaminhado para o laboratório de controle da qualidade, onde é submetido a uma série de ensaios para verificar sua conformidade com as especificações. São avaliados parâmetros como massa específica, viscosidade e o grau de dispersão (ausência de grumos). Somente após a aprovação nessa rigorosa verificação, o produto é liberado para a etapa final de envase, sendo acondicionado em suas embalagens comerciais (Holanda, 2023).

3.4 MATERIAS PRIMAS

Esta seção é dedicada à análise detalhada das principais matérias-primas utilizadas na formulação, abordando a função específica de cada uma no sistema.

3.4.1 Resinas

A resina funciona como o principal agente de ligação para os pigmentos e outras partículas sólidas na tinta, sendo o componente chave para a criação da película seca (o filme). No segmento de tintas e texturas para construção civil, a classificação das resinas costuma estar atrelada ao tipo de solvente empregado. Para tintas que utilizam água como base, predominam os látex acrílicos e vinílicos (acetato de polivinil - PVA). A natureza química da resina define características essenciais da tinta, como sua durabilidade, aderência, flexibilidade e resistência, consolidando-a como o ingrediente mais importante da formulação (Matos, 2017).

3.4.2 Solvente

O solvente é o componente volátil de uma massa, cuja principal função é dissolver a resina para formar uma solução homogênea e fluida, que serve como veículo para a carga. Ao ajustar a viscosidade da formulação, ele facilita a aplicação e melhora a aderência inicial ao substrato. Após a aplicação, o solvente evapora de forma controlada permitindo que a película se nivele adequadamente e que o filme se forme de maneira uniforme. Geralmente, os solventes são líquidos incolores, de baixo ponto de ebulição e quimicamente inertes, o que significa que não reagem com os demais componentes (Fazenda, 2009).

3.4.3 Aditivos

Segundo Fazenda (2009), os aditivos constituem uma ampla e diversificada classe de substâncias incorporadas às formulações de tintas e texturas com o objetivo de alterar ou aprimorar suas propriedades. Embora sejam utilizados em pequenas concentrações, raramente ultrapassando 5% do total da fórmula, exercem uma influência fundamental.

Existe uma vasta gama de aditivos, classificados conforme sua função específica, como espessantes, surfactantes, dispersantes e antiespumantes, cujas atribuições serão brevemente discutidas a seguir.

3.4.3.1 Espessante

Conforme apontado por Fazenda (2009), os espessantes tem como principal função controlar a viscosidade. Esses produtos costumam exibir dois comportamentos reológicos chave a pseudoplasticidade a massa torna-se instantaneamente mais fluida sob a pressão da desempenadeira, facilitando o espalhamento; a viscosidade retorna ao normal rapidamente assim que a força cessa. Enquanto na tixotropia a viscosidade diminui com o tempo de trabalho

contínuo, dando ao aplicador uma janela de tempo para alisar a superfície e obter um acabamento perfeito antes que a massa se firme completamente.

3.4.3.2 Umectantes

Os umectantes são uma classe de aditivos surfactantes (agentes de superfície ativa) cuja função primordial é dar início ao processo de dispersão das partículas sólidas no meio líquido (Fazenda, 2009). No contexto de uma massa corrida, onde cargas minerais como o carbonato de cálcio precisam ser incorporadas à resina em emulsão, a atuação do umectante é o primeiro e mais crítico passo.

A principal função desse aditivo é reduzir a tensão superficial da fase líquida, permitindo que ele desloque a camada de ar e umidade que naturalmente recobre as partículas sólidas. Ao facilitar este contato íntimo entre o líquido e o sólido, o umectante garante que o processo de umectação ocorra de forma rápida e completa. Uma umectação eficiente é indispensável para que a energia aplicada na etapa seguinte, a dispersão, seja efetivamente utilizada para quebrar os aglomerados, e não desperdiçada tentando molhar as partículas (Fazenda, 2009).

3.4.3.3 Dispersantes

Conforme aponta Fazenda (2009), uma vez que as partículas foram molhadas e separadas pela alta energia de cisalhamento do processo de dispersão, a função do aditivo dispersante é impedir que elas se reagrupem. Nessa perspectiva, a molécula do dispersante ancora na superfície de cada partícula de carga, criando uma barreira de repulsão que as mantém afastadasumas das outras. Essa barreira pode ser de natureza eletrostática (cargas iguais se repelem) ou estérica (uma camada polimérica que impede a aproximação física). Diante disso, a escolha de um dispersante eficiente é, portanto, vital para garantir a estabilidade do produto ao longo do tempo, prevenindo problemas como o aumento da viscosidade durante a estocagem, a sedimentação das cargas e a perda de poder de cobertura.

3.4.3.4 Antiespumantes

Os aditivos antiespumantes têm a dupla função de combater a espuma tanto durante a produção da tinta quanto em sua aplicação sobre uma superfície. Primeiramente, eles agem quebrando as bolhas que se formam sob a forte agitação no processo de formulação. Em seguida, sua ação é igualmente importante para eliminar a espuma gerada pelo próprio equipamento de aplicação, o que evita imperfeições no filme de massa seco (Fazenda, 2009).

3.4.3.5 Biocidas

Conhecidos também como bactericidas, fungicidas e algicidas, os biocidas são aditivos que conservam a massa ao longo de sua vida útil, protegendo-a contra a ação de microrganismos. Sua função é dupla: atuam como preservantes da tinta ainda na embalagem, o que impede a deterioração e o surgimento de mau cheiro, e como protetores do filme após a secagem, evitando a proliferação de fungos, algas e bactérias na superfície pintada (Fazenda, 2009).

3.4.4 Cargas minerais

As cargas minerais são compostos empregados em formulações de massas com um duplo propósito: reduzir o custo final e, ao mesmo tempo, aprimorar características técnicas específicas. Devido ao seu valor econômico vantajoso, elas são usadas para dar volume à fórmula, complementando pigmentos de maior custo (Fazenda, 2009).

Embora definidas como materiais inertes aplicáveis em diversas indústrias (farmacêutica, plástica etc.), a função das cargas transcende o simples barateamento. O objetivo é também aproveitar suas propriedades intrínsecas para modificar o produto. Nesse sentido, a inclusão de cargas minerais pode alterar significativamente propriedades físicas como brilho e a resistência à abrasão (Calcica, 2021).

Tanto a calcita (CaCO_3), um carbonato de cálcio de ocorrência natural, quanto a dolomita, um carbonato duplo de cálcio e magnésio ($[\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2]$), são minerais amplamente empregados como matéria-prima na fabricação de tintas e texturas. Existe também uma outra forma, o carbonato de cálcio precipitado, que se distingue da calcita por apresentar partículas mais finas, um grau de pureza superior e maior alvura. Essas características conferem ao carbonato de cálcio precipitado um poder de cobertura a seco mais elevado (Anghinetti, 2012).

A incorporação eficiente da carga utilizada no processo depende de variáveis como tamanho de partícula, grau de pureza, compatibilidade com o meio e técnica de agitação utilizada (Fazenda, 2009).

3.5 MASSA CORRIDA E MASSA ACRÍLICA

A massa corrida é formulada, em sua maioria, com uma emulsão de um homopolímero de acetato de polivinila (PVA) como ligante principal, além de altas concentrações de cargas minerais e aditivos. O desempenho da massa corrida está diretamente atrelado às características

do PVA. Desta forma, sua indicação é restrita a ambientes internos e secos, onde se busca primordialmente o nivelamento de superfícies de alvenaria curada ou gesso (Cunha, 2011).

A massa acrílica, por sua vez, utiliza como aglutinante uma emulsão de copolímeros acrílicos. Obtendo resistência à água e aos raios ultravioletas (UV), essa emulsão confere à massa acrílica uma durabilidade e aderência muito superiores, qualificando-a para uso em ambientes internos, externos e áreas molhadas como cozinhas e banheiros (Cunha, 2011).

3.6 GESTÃO DA QUALIDADE

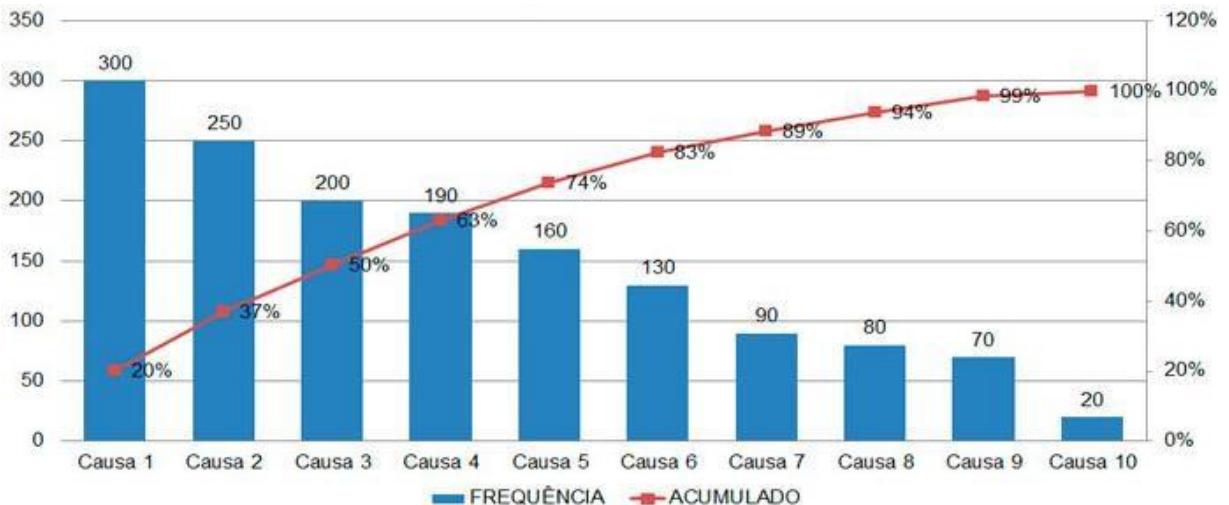
A gestão da qualidade é sustentada por dois componentes fundamentais: os princípios que geram uma cultura organizacional voltada à melhoria contínua e as diversas metodologias e ferramentas utilizadas para colocar esses princípios em prática (Faesarella *et al.*, 2006).

Essas ferramentas são aplicadas nas diferentes fases do ciclo de produção para implementar as ações da qualidade e podem ser classificadas, de forma geral, em estatísticas e organizacionais. Elas fornecem os meios para analisar processos, resolver problemas e garantir que os objetivos de qualidade sejam alcançados de maneira estruturada e eficaz (Faesarella *et al.*, 2006). Esta seção é dedicada introdução detalhada da metodologia e ferramentas da qualidade utilizadas no trabalho.

3.6.1 Diagrama de Pareto

Conforme descrito por Alkiayat (2021), o diagrama de Pareto é uma ferramenta que analisa o impacto acumulado, sendo útil para identificar os principais problemas em um processo. Assim, pode-se apontar que esse diagrama é baseado no princípio de que 20% das causas mais significativas geram 80% dos problemas, ele mostra que a maior parte dos efeitos decorre de uma minoria de causas.

Alkiayat (2021) descreve o gráfico de Pareto como uma representação visual que organiza as frequências de ocorrência, destacando os problemas mais importantes. Pode-se observar um modelo de diagrama de Pareto na Figura 4.

Figura 4. Diagrama de Pareto.

Fonte: Soares, 2024.

3.6.2 Cronoanálise

A cronoanálise, conforme abordada por Hin e Teixeira (2023) é uma técnica utilizada na administração da produção para analisar o tempo gasto em atividades específicas dentro de um processo. O objetivo principal é entender como os recursos são utilizados ao longo do tempo, buscando identificar desperdícios e otimizar a eficiência operacional. Nesse contexto, através dessa ferramenta, é possível quebrar atividades complexas em etapas menores e estudar o tempo que cada uma delas demanda, o que facilita a eliminação de etapas desnecessárias e a melhoria contínua dos processos.

É uma ferramenta essencial para melhorar a produtividade e a utilização dos recursos, proporcionando uma visão clara sobre os processos em termos de tempo. Ao realizar a análise detalhada dos tempos de execução, é possível identificar gargalos, redundâncias ou atividades que não agregam valor, permitindo que as empresas façam ajustes para tornar suas operações mais ágeis e eficientes (Hin e Teixeira, 2023). Na Tabela 1 pode-se observar um exemplo genérico de uma captação de tempos de um processo com a utilização da cronoanálise.

Tabela 1. Registros cronoanálise.

Tempos do processo (min)					
Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3	Etapa 4	Etapa 5	Etapa 6
15	1	2	5	6	20
14	1	2	5	4	22
15	1	2	5	2	21
16	1	3	5	3	20
15	1	3	5	3	20

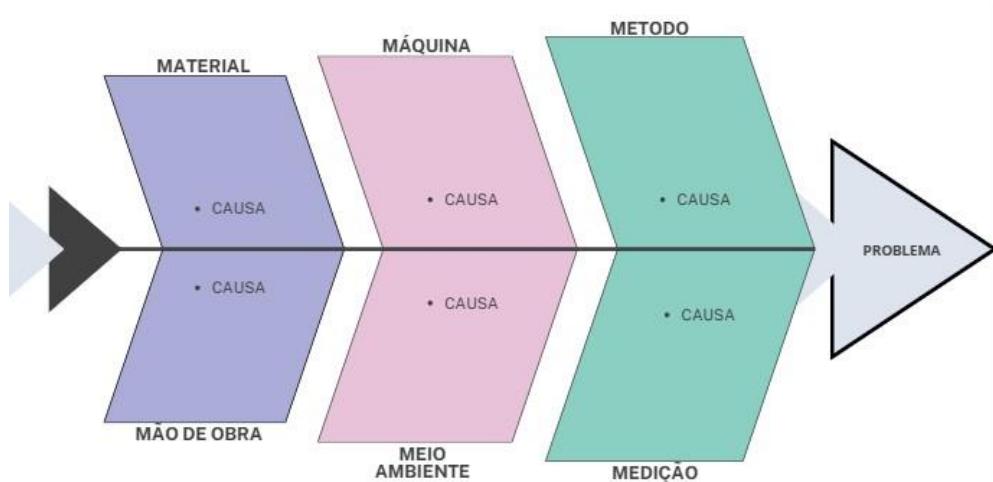
Fonte: Autor, 2025.

3.6.3 Diagrama de causa e efeito

O diagrama de causa e efeito, conhecido como diagrama de espinha de peixe, é uma ferramenta gráfica que auxilia na identificação das causas fundamentais de um problema específico (Kumah *et al.*, 2024)

Conforme descrito por Kumah *et al.* (2024), esse diagrama organiza as causas em categorias amplas, como pessoas, materiais, métodos, equipamentos e ambiente, o que facilita a compreensão das conexões entre elas. Sua principal vantagem é fornecer uma visão abrangente do problema, permitindo que soluções mais eficazes sejam desenvolvidas. Dessa forma, a eficácia desta ferramenta depende da precisão na identificação das causas e da capacidade de interpretar adequadamente os resultados.

O Diagrama de causa e efeito é particularmente valioso em situações que exigem uma investigação profunda das causas de problemas recorrentes ou complexos em processos ou projetos (Kumah *et al.*, 2024). A ferramenta e os seis possíveis campos de fontes de problemas podem ser vistos na Figura 5.

Figura 5. Diagrama de causa e efeito.

Fonte: Autor, 2025.

3.6.4 Análise dos 5 porquês

Segundo Serrat (2017) a análise dos 5 porquês é um método empregado na análise de causa raiz para desvendar a origem fundamental de uma falha. A sua aplicação se baseia na repetição da pergunta "por quê?" até que a causa principal do problema seja identificada. Apesar da aparente simplicidade do método, encontrar a resposta correta para cada porquê pode ser um processo trabalhoso e complexo, exigindo uma investigação cuidadosa para garantir a precisão.

A técnica desenvolvida por Sakichi Toyoda para Toyota Industries Corporation foi bastante difundida devido à sua simplicidade e eficácia, essa abordagem é frequentemente utilizada em sistemas de gestão da qualidade. O princípio por trás da ferramenta é que, ao determinar as causas primárias de um problema, torna-se viável a implementação de medidas corretivas eficientes que previnem a sua repetição no futuro (Serrat, 2017). A Tabela 2 evidencia um modelo genérico de análise dos 5 porquês.

Tabela 2. Análise dos 5 porquês.

Nº	Descrição do Problema	Porque?	Porque?	Porque?	Porque?	Porque?	Causa Raiz
1	Descrição do Problema	Análise 1	Análise 2	Análise 3	Análise 4	Análise 5	Causa Raiz
2	Descrição do Problema	Análise 1	Análise 2	Análise 3	Análise 4	Análise 5	Causa Raiz
3	Descrição do Problema	Análise 1	Análise 2	Análise 3	Análise 4	Análise 5	Causa Raiz
4	Descrição do Problema	Análise 1	Análise 2	Análise 3	Análise 4	Análise 5	Causa Raiz

Fonte: Autor, 2025.

3.6.5 Matriz de priorização

Após a identificação de múltiplas causas raiz para os problemas de um processo, torna-se essencial utilizar uma ferramenta que auxilie na tomada de decisão sobre quais ações de melhoria devem ser implementadas primeiro. Segundo Tayrane (2024), a matriz de priorização é uma ferramenta da qualidade bastante utilizada para ordenar projetos, processos ou contramedidas, com a finalidade de identificar os mais importantes com base em critérios pré-estabelecidos. O seu objetivo é fornecer um método lógico e visual para avaliar um conjunto de opções, permitindo que as equipes concentrem seus esforços e recursos nas iniciativas de maior impacto e viabilidade.

A aplicação prática da matriz envolve a avaliação de cada contramedida ou solução proposta com base em parâmetros específicos. Em uma abordagem comum, como a descrita por Tayrane (2024) podem ser considerados três parâmetros para avaliar a contramedida estabelecida: o Custo de implementação da solução, a Influência (ou impacto) que a solução terá na resolução do problema, e o Esforço necessário para executá-la. A cada um desses

parâmetros é atribuída uma pontuação, frequentemente em uma escala de 1 a 5. Ao final, é calculada uma pontuação final, que pode ser obtida pela multiplicação dos valores dos três parâmetros. A Tabela 3 evidencia um modelo de matriz de priorização.

Tabela 3. Matriz de priorização.

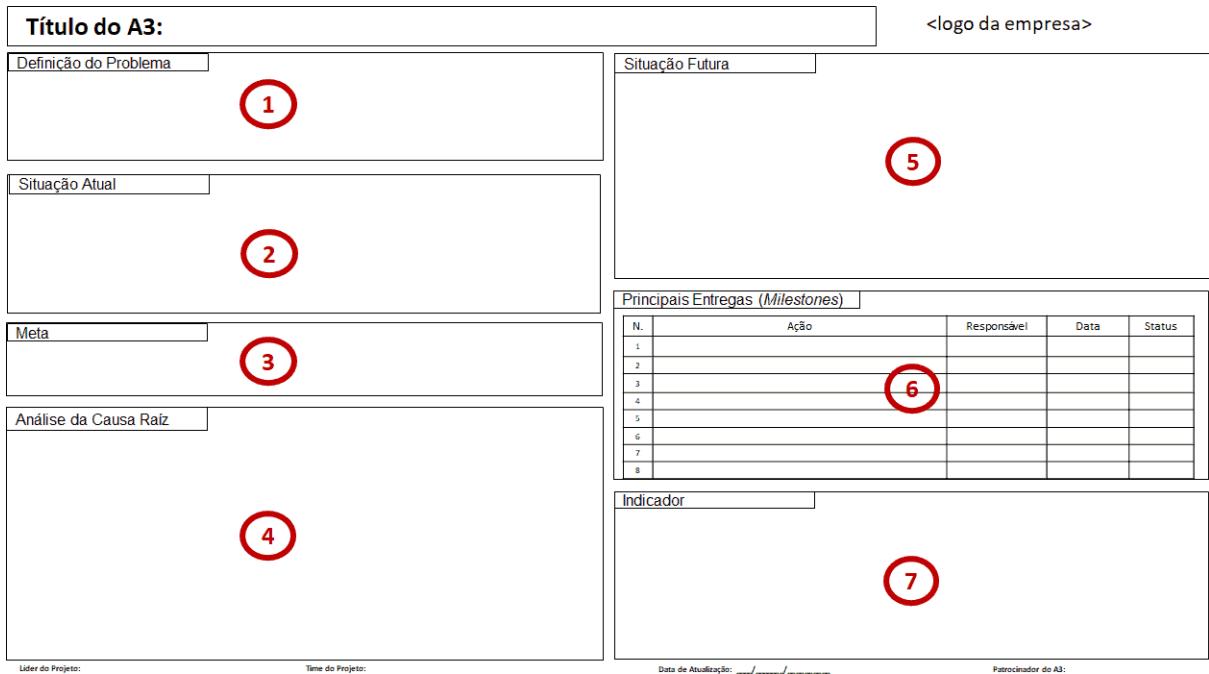
Índice	Causa raiz	Contramedida 1	Impacto	Custo	Esforço	Prioridade Final (I x C x E)
1	Causa raiz 1	Contramedida 1	Impacto 1	Custo 1	Esforço 1	Resultado 1
2	Causa raiz 2	Contramedida 2	Impacto 2	Custo 2	Esforço 2	Resultado 2
3	Causa raiz 3	Contramedida 3	Impacto 3	Custo 3	Esforço 3	Resultado 3
4	Causa raiz 4	Contramedida 4	Impacto 4	Custo 4	Esforço 4	Resultado 4

Fonte: Autor, 2025.

3.6.6 Metodologia de projeto A3

Para que o ciclo de melhoria contínua seja efetivo, é importante adotar uma abordagem sistemática. Dessa forma, para otimizar processos de maneira eficaz, recomenda-se a aplicação de metodologias já consolidadas, visando garantir o andamento do projeto e o sucesso das melhorias implementadas. O modelo de relatório A3 é uma metodologia estruturada para a solução de problemas e melhoria contínua, consolidada em um documento visual que, por tradição, se encaixa em uma folha de papel de formato A3. Essa restrição de espaço é um elemento central da filosofia, pois impulsiona a capacidade de síntese e clareza, forçando as equipes a focarem exclusivamente nas informações mais críticas (Hirano, 2018).

O preenchimento do A3 segue um percurso estruturado, que se assemelha a uma narrativa de melhoria. O ponto de partida é a formalização do problema, seguido pelo mapeamento detalhado do cenário presente e pela definição clara de uma meta. A etapa seguinte consiste na investigação sistemática das causas-raiz, fase em que frequentemente se aplicam ferramentas de apoio como o diagrama de causa e efeito e análise dos 5 porquês. Uma vez identificadas as causas fundamentais, elabora-se o plano de ação, onde as contramedidas são propostas e, se necessário, priorizadas (Hirano, 2018). A Figura 6 mostra um exemplo de uma folha A3 conforme a metodologia propõe.

Figura 6. Modelo A3.

Fonte: Sandrini, 2020.

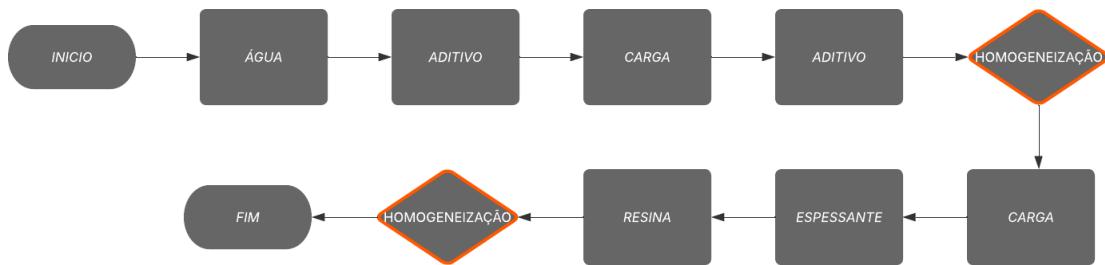
4 METODOLOGIA

Nesta seção serão apresentadas as etapas realizadas conforme a metodologia A3 como forma de planejar e estruturar o projeto, visando identificar as causas do problema e entregar alternativas para saná-lo. Assim, de forma sequencial foram realizadas as etapas de definição do problema, análise de causas e elaboração do plano de ação.

4.1 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

A partir do acompanhamento de produções, foram registrados os tempos para cada etapa, o qual ocorrem de forma sequencial, conforme mostrado na Figura 7.

Figura 7. Etapas do processo de fabricação de massa corrida.



Fonte: Autor, 2025.

Nessa etapa serão apresentados os dados quantitativos obtidos através da cronometragem sistemática das etapas; esses tempos podem ser extrapolados para a fabricação da massa acrílica. A coleta desses dados foi realizada por meio da observação direta e do registro temporal de 36 ciclos completos de preparo do material, conforme mostrado no apêndice.

A análise dos dados irá evidenciar a variabilidade do processo através do coeficiente de variação (CV%), uma medida que expressa a variação em relação à média e por meio de um gráfico de Pareto, que identificará as etapas com maior impacto no desempenho geral da produção. Além disso, foi elaborada uma descrição detalhada do contexto atual do processo e uma projeção das melhorias esperadas com a otimização proposta.

4.2 ANÁLISE DE CAUSAS

A fase de análise das causas foi conduzida com o objetivo de identificar as causas raiz do problema. Para isso, foram realizadas reuniões da gestão com a equipe de operadores de máquina, bem como a utilização das ferramentas diagrama de causa e efeito e análise dos 5 porquês.

4.3 PLANO DE AÇÃO

Nesta fase, com base nas causas raízes identificadas, foram propostas melhorias específicas com o objetivo de sanar os problemas encontrados. Para cada causa raiz, foram desenvolvidas ações corretivas e preventivas detalhadas, visando a eliminação ou mitigação de seus efeitos. Posteriormente, foram comparados o tempo médio do processo atual, com o tempo médio de processo objetivado com a implementação de cada proposta de melhoria.

Por fim, como foco de otimizar a implementação e garantir o maior impacto, as ações propostas foram submetidas a uma matriz de priorização. Essa ferramenta permitiu avaliar e classificar as melhorias com base em critérios como custo, tempo de implementação, impacto esperado na redução do problema e viabilidade operacional. O resultado dessa priorização determinou a sequência de implementação das ações, garantindo que os esforços sejam direcionados primeiramente para as iniciativas mais estratégicas.

5 RESULTADOS

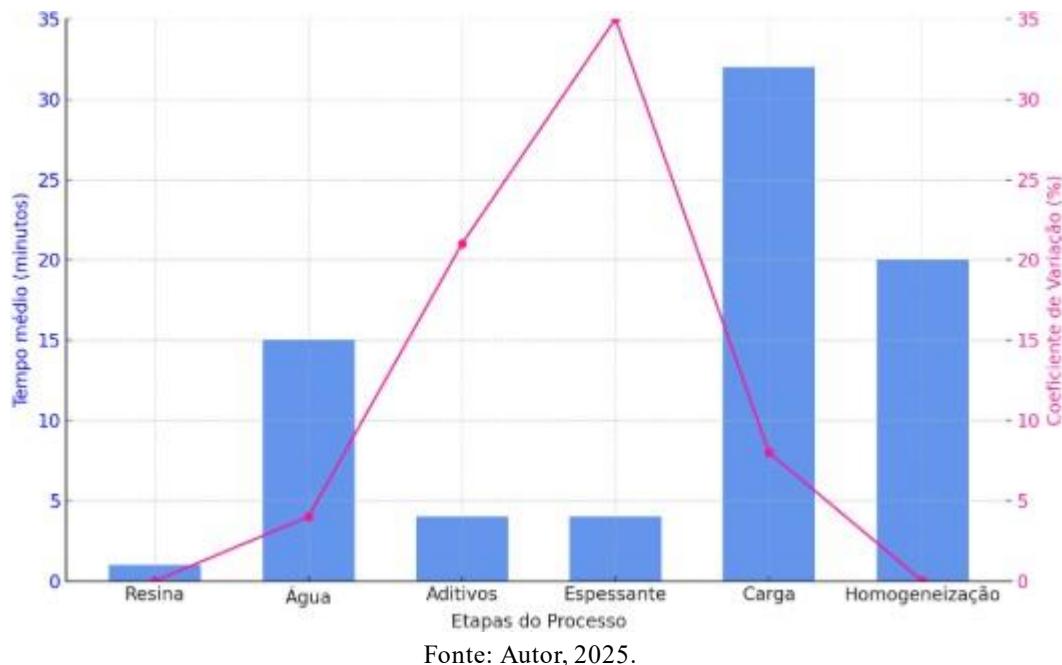
5.1 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

Os resultados aqui expostos visam fornecer uma base factual sobre a distribuição do tempo em cada fase do processo produtivo, permitindo a identificação das etapas mais representativas em termos de duração e, consequentemente, dos principais focos para estudos de otimização.

5.1.1 Variabilidade do processo

Um dos primeiros resultados da cronoanálise é a identificação da variabilidade natural do processo. Para ilustrar essa variação, o gráfico a seguir ilustrado na Figura 8, foi elaborado para analisar simultaneamente o tempo médio de cada etapa e sua respectiva variabilidade, revelando quais etapas são mais instáveis. Embora o espessante seja tecnicamente classificado como um aditivo, conforme mencionado anteriormente, sua incorporação ao processo será analisada aqui como uma etapa distinta. Isso se deve ao tempo considerável que essa adição demanda e à sua metodologia de dosagem particular, que difere dos demais componentes.

Figura 8. Tempo médio x variabilidade.



A análise da Figura 8 revela uma visão crítica sobre as verdadeiras fontes de instabilidade do processo, que não necessariamente correspondem às etapas de maior duração.

Observa-se que as etapas mais longas, de Carga e Homogeneização, apresentam baixos coeficientes de variação (7,42% e 0%, respectivamente), indicando que são processos longos, porém estáveis e consistentes. Em contrapartida, as etapas de menor duração Espessante e Aditivos, demonstram uma instabilidade muito elevada, com os maiores coeficientes de variação do processo (29,79% e 18,70%).

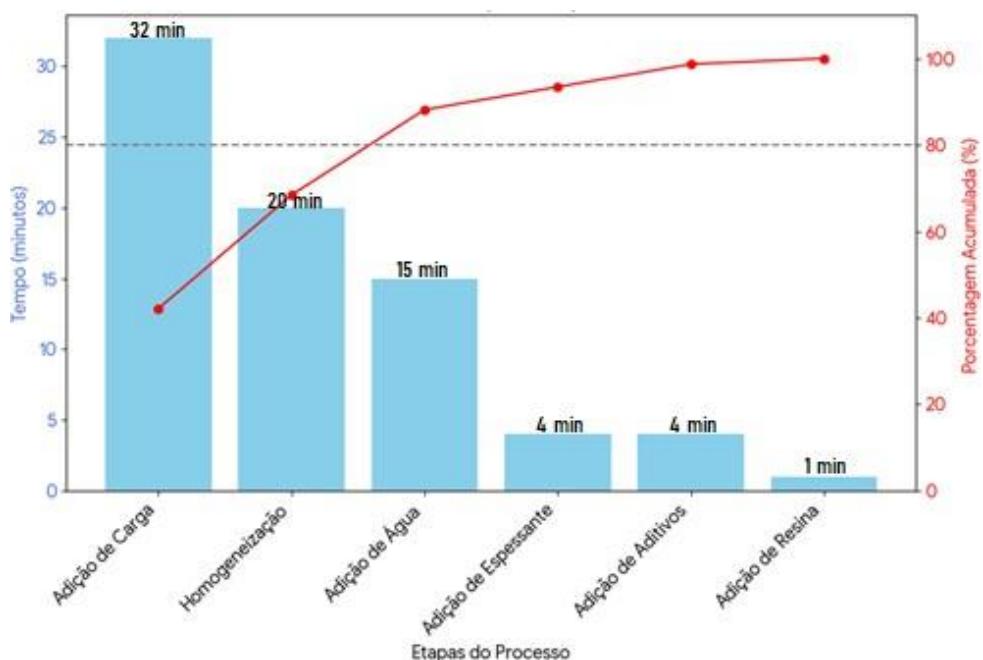
Este resultado é fundamental, pois aponta que as principais fontes de imprevisibilidade e inconsistência não estão nas etapas mais demoradas, mas sim em atividades mais curtas e com alta variação na execução. Dessa forma, as causas dessa variabilidade nessas etapas será um ponto avaliado no estudo, bem como seu impacto no processo atual.

5.1.2 Estudo de impacto

Com base nos dados coletados dos 36 ciclos cronometrados e considerando a variabilidade previamente examinada, foi construído o diagrama de Pareto apresentado na Figura 9. Este gráfico aprofunda a análise dos tempos médios e identifica as etapas com maior impacto no ciclo total de produção de 76 minutos.

A análise do gráfico demonstra que a etapa de Carga apresenta um tempo médio de 32 minutos, e a Homogeneização, com 20 minutos. Sozinhos, essas duas etapas somam 52 minutos, o que corresponde a 68,4% do tempo total de produção. Ao incluir a terceira etapa mais demorada, a Água (15 minutos), estas três fases juntas somam 67 minutos, sendo responsáveis por 88,2% do tempo de ciclo, conforme indicado pela linha de porcentagem acumulada.

Figura 9. Análise de tempos das etapas do processo.



Fonte: Autor, 2025.

Essa ferramenta de qualidade permitiu visualizar a contribuição de cada etapa para o tempo total, ordenando-as da mais demorada para a menos demorada e evidenciando o princípio 80/20, no qual uma minoria de causas é responsável pela maioria dos efeitos. Desta forma, no projeto de otimização é imprescindível a elaboração de propostas que mitiguem este cenário.

5.1.3 Capacidade produtiva

Conforme estabelecido na metodologia, um dos objetivos deste trabalho é analisar o potencial de otimização do processo de preparo da massa corrida, visando reduzir o tempo médio de ciclo de 76 minutos para um tempo objetivado de aproximadamente 61 minutos por batelada. Este tempo objetivado foi obtido a partir de uma porcentagem mínima, previamente estabelecida pela equipe de gestão da empresa.

Para dimensionar o impacto dessa otimização, realizou-se uma projeção da capacidade produtiva mensal nos cenários atual e objetivado. Considerando o regime de trabalho da unidade de produção igual a dois turnos de 8 horas de segunda a sexta-feira, e dois turnos de 4 horas aos sábados, totalizando aproximadamente 382 horas produtivas mensais (ou 22.920 minutos). A comparação da capacidade produtiva atual com a projetada será resumida na Tabela 4 a seguir:

Tabela 4. Resumo da capacidade produtiva.

Indicador	Cenário Atual	Cenário Objetivado	Diferença	Aumento / Redução %
Tempo de Ciclo (min/batelada)	76	61	-15,2 min	-20,00%
Produção Mensal (bateladas/mês)	302	376	+75 bateladas	24,50%

Fonte: Autor, 2025.

A análise da Tabela 4 evidencia que a redução do tempo de ciclo para a meta de 61 minutos por batelada não apenas otimiza o uso do tempo diário, mas também tem o potencial de incrementar a capacidade produtiva mensal em aproximadamente 75 bateladas, representando um aumento de cerca de 24,5%.

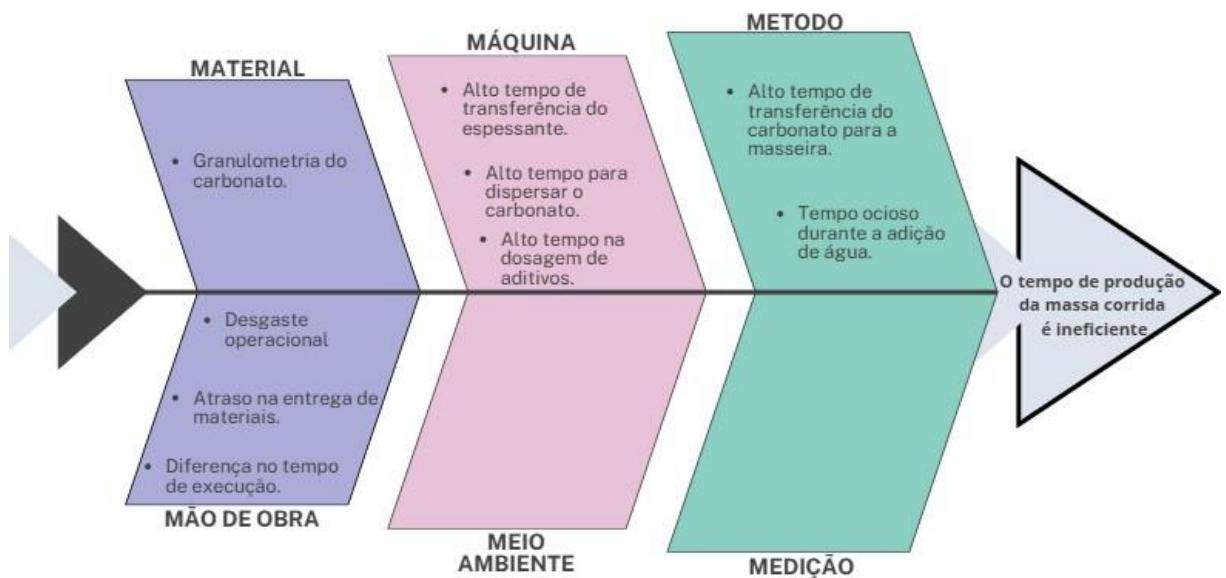
5.2 ANÁLISE DE CAUSAS

Para análise de causas, utilizou-se primeiro o diagrama de causa e efeito para mapear e categorizar as causas potenciais. Em seguida, será aplicada a análise dos 5 Porquês para as principais causas identificadas, a fim de aprofundar a investigação e encontrar a causa-raiz do problema.

5.2.1 Análise com diagrama de causa e efeito

A realização do *brainstorming* com a equipe de operação e gestores da fábrica permitiu organizar as principais ideias de causas para a ineficiência no tempo de produção da massa. Estas causas foram elencadas no diagrama de causa e efeito, conforme pode ser visto na Figura 10, bem como discutida nos tópicos a seguir.

Figura 10. Análise de causa e efeito.



Fonte: Autor, 2025

5.2.1.1 Método

A partir do diagrama concluiu-se no que concerne ao Método, foram identificados diversos procedimentos que podem estar impactando negativamente a eficiência. Destacam-se a natureza estritamente sequencial das operações, que limita o paralelismo de atividades, especialmente durante a etapa de adição de água, os métodos de transferência manual de grandes volumes de matérias-primas, como o carbonato e aditivos, que são intrinsecamente lentos.

5.2.1.2 Mão de obra

Quanto aos fatores relacionados à Mão de Obra, as investigações apontaram para o manuseio de cargas pesadas e a variabilidade na execução das tarefas entre diferentes operadores, o qual foi bastante evidenciado no alto índice de variabilidade, visto no gráfico da Figura 8 anteriormente.

5.2.1.3 Máquina

Na categoria Máquina, foram levantadas hipóteses como a possível inadequação técnica do homogeneizador para a tarefa de dispersão, a condição da bomba de espessante, que pode estar operando com baixa eficiência e a ausência de dispositivos de auxílio para o manuseio de materiais, que sobrecarrega o operador.

5.2.1.4 Materiais

Relativo aos Materiais, as características das matérias-primas utilizadas no processo são importantes. As causas potenciais incluem a granulometria do carbonato de cálcio, que se inadequada, pode dificultar a dispersão e exigir maior tempo de homogeneização.

5.2.2 Análise com o método dos 5 porquês

A elaboração do diagrama de causa e efeito permitiu visualizar a complexidade e a interdependência dos fatores que afetam o tempo de ciclo do preparo da massa corrida. Diante disso, foi preciso investigar mais a fundo esses fatores para avaliar sua influência no problema identificado.

Para essa análise, aplicou-se a ferramenta de análise dos 5 Porquês nas principais causas apontadas, conforme visto na Tabela 5, com o objetivo de chegar às causas raízes das situações encontradas na Figura 10. Como o 4º e 5º porquês não foram utilizados, foram retirados da tabela para facilitar a leitura. Por fim, será realizada a análise de cada causa raiz encontrada.

Tabela 5. Análise dos 5 porquês.

Nº	Descrição do Problema	Porque?	Porque?	Porque?	Causa raiz
1	Ociosidade na etapa de "Adição de Água".	O operador permanece ocioso, apenas supervisionando a adição.	As tarefas subsequentes só começam após o fim completo da adição de água.	O método de trabalho adotado é linear, sem previsão de simultaneidade.	O processo foi concebido sem o princípio do paralelismo entre as etapas.
2	Elevado tempo de homogeneização.	Tempo mínimo para garantir a dispersão completa do carbonato.	O equipamento tem baixa eficiência para quebrar os aglomerados de carbonato.		O agitador atual foi projetado para homogeneizar.
3	Elevado tempo de homogeneização.	Dificuldade para dispersar o carbonato.	Variação de granulometria do carbonato		Qualidade ruim do carbonato recebido.
4	Elevado tempo de transferência do espessante para a masseira.	A bomba utilizada para transferir o espessante frequentemente opera com baixa vazão	Acúmulo de resíduos de espessante seco no interior, obstruindo passagem do fluido.	Falta de manutenção da bomba de espessante.	Falha na gestão de manutenção e limpeza do equipamento.
5	Elevado tempo de transferência da carga para a masseira.	O processo exige a repetição de um ciclo de operações demoradas para cada um dos seis bags.	Transporte com empilhadeira, ajuste manual e monitoramento da descarga.		Processo predominantemente manual
6	Desgaste operacional	As tarefas executadas ao longo do turno exigem um esforço físico considerável.	Adição de aditivos envolve a movimentação e o posicionamento de materiais com peso elevado.	O método de trabalho atual não conta com dispositivos mecânicos de auxílio adequados.	Manuseio manual de cargas pesadas.
7	Elevado tempo de dosagem de aditivos.	O manuseio de embalagens pequenas mas com produtos perigosos podem influenciar o tempo.	Há a necessidade do extremo cuidado ao manusear esses produtos.	São produtos perigosos.	O processo de adicionar estes componentes é realizado manualmente.

Fonte: Autor, 2025.

5.2.2.1 Ociosidade na etapa de adição de água

A etapa de dosagem de água apresenta um tempo elevado, com uma duração média de 15 minutos, caracterizada pela ociosidade do operador devido à falta de paralelismo nas atividades.

5.2.2.2 Elevado tempo de homogeneização

O elevado tempo de homogeneização, com uma duração média 20 minutos, está diretamente ligado às duas causas conforme visto na Tabela 5. Uma possível qualidade ruim proveniente do carbonato de cálcio recebido pelos fornecedores pode estar dificultando o processo de dispersão/homogeneização da carga, necessitando um elevado tempo para que seja garantida a qualidade do produto.

Outra possibilidade abordada, é a inadequação técnica do equipamento atual: um misturador do tipo agitador de âncora, o mesmo pode ser visualizado na Figura 11. Esta premissa se dá principalmente a partir de que em suspensões, o aumento da concentração de partículas sólidas leva a um acréscimo significativo na viscosidade, um efeito potencializado pela aglomeração e pelo atrito interparticular (Fazenda, 2009). Nesse sentido, isso confere ao

sistema uma elevada resistência inicial ao fluxo, caracterizada por uma tensão de escoamento. Portanto, para que o material escue, é imprescindível a aplicação de uma tensão de cisalhamento que exceda esse valor.

Desta forma, embora o agitador de âncora seja eficaz para misturar massas de alta viscosidade, como a massa corrida, varrendo o fundo e as paredes do tanque, ele não gera o alto cisalhamento necessário para a dispersão efetiva e a quebra de aglomerados de partículas sólidas (Team engineers group, 2025), resultando em um elevado tempo de dispersão.

Figura 11. Agitador de Âncora.



Fonte: Inoxpa, 2025.

5.2.2.3 Elevado tempo na transferência de espessante para a masseira

A transferência do espessante para a masseira foi identificada como um ponto de ineficiência, caracterizado por uma baixa vazão, tendo em média uma duração de 4 minutos conforme observado no gráfico da Figura 8. Estudos de cronoanálise, detalhados no Apêndice, demonstraram que o tempo de transferência do espessante pode ser consistentemente padronizado em 2 minutos. Essa estimativa é corroborada por registros passados, onde esse tempo foi alcançado em momentos que se sucederam a intervenções de limpeza e manutenção no equipamento. Desta forma, a investigação revelou que essa baixa vazão está diretamente relacionada a uma gestão de manutenção inadequada do equipamento de bombeamento.

5.2.2.4 Elevado tempo de dosagem de aditivos

A dosagem manual de aditivos, alguns dos quais são perigosos ao contato, representa um desafio à segurança e à eficiência operacional. Atualmente, a cronoanálise indica um tempo

médio de 4 minutos para essa etapa. Esse tempo elevado é atribuído, conforme análises anteriores, à necessidade de manuseio criterioso de materiais pesados (algumas acima de 100 kg) ou que exigem maior precaução para a segurança do operador, o que também contribui para a variabilidade nos tempos de execução.

5.2.2.5 Elevado tempo na transferência de carga para a masseira

No processo atual, a etapa de adição de carbonato à masseira é uma operação manual e repetitiva para cada batelada. O fluxo consiste no transporte de *big bags* de carbonato por um empilhador até a área de produção. Em seguida, cada *big bag* é repetitivamente içado sobre a masseira, onde um operador realiza a abertura e a dosagem manual do conteúdo diretamente no equipamento, completando assim um ciclo que se repete seis vezes (seis *big bags* de 1000 kg), até finalizar a batelada. Assim, é a etapa mais longa do processo, tendo uma duração média de 32 minutos, dificultada não apenas pelo grande volume que exige múltiplas operações de içamento, abertura e controle de vazão, mas fundamentalmente por um design de processo que não é otimizado para a escala e o formato desta matéria-prima principal, dependendo de um método de transferência de múltiplos lotes discretos, conforme mostrada na Figura 12.

Figura 12. Transferência de carga para a masseira (processo atual).



Fonte: Autor, 2025

5.3 PLANO DE AÇÃO

Diversas causas raiz foram identificadas para os problemas no processo de preparo da massa corrida. Essa seção descreve as contramedidas propostas para anular ou mitigar essas causas, visando otimizar o processo. As ações foram categorizadas com base em seu escopo e investimento: soluções de baixo Investimento e rápida implementação, soluções de alto investimento e impacto estrutural. Por fim, será apresentado um gráfico comparativo de cada melhoria e sua porcentagem de ganho em relação ao tempo atual do processo.

5.3.1 Soluções de baixo investimento e rápida implementação

5.3.1.1 Paralelismo de etapas

Para otimizar cenário atual descrito anteriormente no tópico 5.2.2.1, propõe-se uma reengenharia do método de trabalho através da implementação de um novo Procedimento Operacional Padrão (POP). Esse POP permitirá que o operador execute tarefas subsequentes, como a adição de outros insumos, durante o período em que a água está sendo dosada. A equipe de gestão da empresa aprovou essa abordagem, com a ressalva de que a introdução do carbonato só deve ocorrer após 50% da água ter sido adicionada, prevenindo a formação de grumos ou sobrecarga do misturador. Essa mudança, de baixo custo de implementação, se aplicada, tende a resultar em um ganho de aproximadamente 7 minutos na etapa, correspondendo a metade do tempo atual, conforme detalhado no Apêndice.

5.3.1.2 Cronograma de limpeza e manutenção de equipamento

Para a otimização do cenário atual descrito anteriormente no tópico 5.2.2.3, após análise, identificou-se que a alta suscetibilidade da bomba de espessante à obstrução, causada pelo produto transferido, torna indispensável a criação de um plano de manutenção preventiva e limpeza. A periodicidade dessa intervenção deverá ser definida por um estudo técnico aprofundado.

5.3.1.3 Automatização na dosagem de aditivos

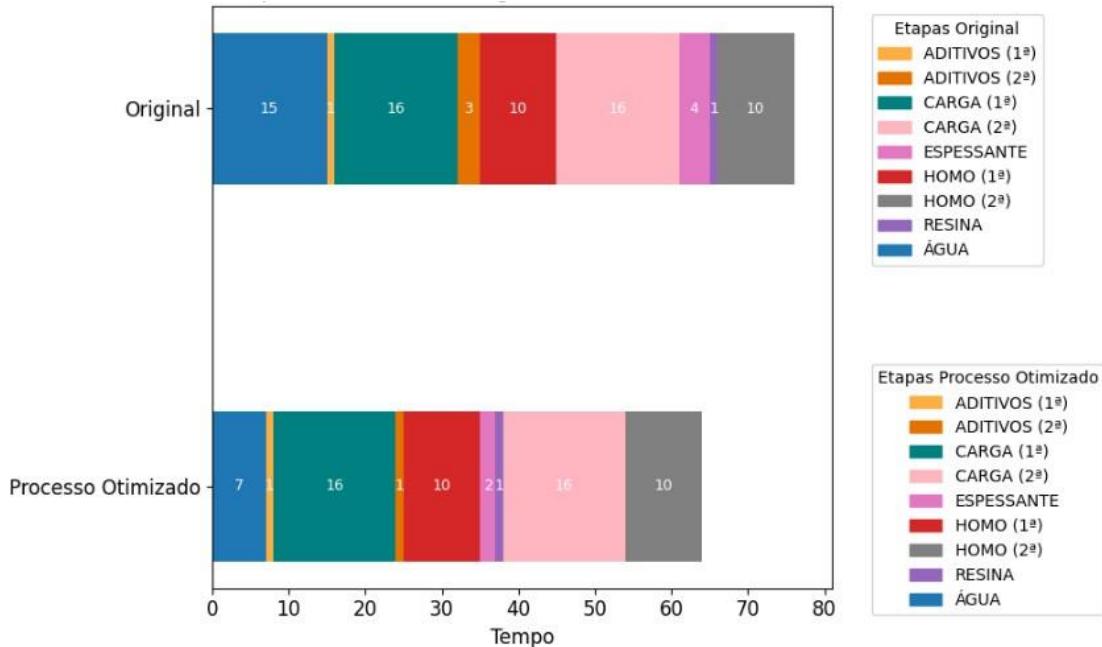
Para a otimização do cenário atual descrito anteriormente no tópico 5.2.2.4, a implementação de um sistema de microdosagem automática surge como uma solução eficaz. Além de aumentar significativamente a segurança da operação ao minimizar o contato direto do operador com os produtos, essa automação trará maior precisão, consistência e fluidez à atividade. Com essa otimização, estima-se que o tempo padrão para a dosagem de todos os aditivos seja reduzido para 2 minutos.

5.3.1.4. Impacto das soluções de baixo investimento

Para demonstrar o potencial quantitativo dessas mudanças quando implementadas em paralelo, podem gerar um ganho de aproximadamente 11 minutos, reduzindo o tempo total do processo para 65 minutos, o gráfico ilustrado na Figura 13 a seguir compara os tempos das etapas-chave no cenário atual com a projeção após a implementação dessas soluções mais

acessíveis. É possível observar como a aplicação dessas contramedidas contribui para um fluxo de trabalho mais enxuto e eficaz.

Figura 13. Comparativo processo Original x Otimizado (1).



Fonte: Autor, 2025.

5.3.2 Soluções de alto investimento e impacto estrutural

5.3.2.1 Implementação de um agitador disco de Cowles

Conforme análises prévias do cenário atual descrito anteriormente no tópico 5.2.2.2, a qualidade da matéria-prima carbonato de cálcio recebida foi identificada como uma possível causa de ineficiência no processo, devido ao fornecimento a granel em *big bags* de 1000 kg, as análises de recebimento são realizadas por amostragem. No entanto, a coleta de amostras é restrita à parte superior dos *big bags*, dificultando a representatividade da análise e, consequentemente, a conclusão precisa sobre a homogeneidade da qualidade do carbonato em sua totalidade. Essa limitação na verificação da matéria-prima intensifica a necessidade de meios que garantam a dispersão e homogeneização eficaz no processo produtivo.

A análise do processo indica que o tempo de ciclo é limitado pela etapa de incorporação das partículas, uma consequência direta do uso de um agitador de âncora, que promove um fluxo de baixo cisalhamento, ineficiente para a dispersão. Dessa forma, a solução técnica para este gargalo é a implementação de um dispersor de alta performance tipo disco de Cowles (Figura 14). Conforme descrito por Fazenda (2009), este dispersor opera estabelecendo um

vórtice controlado e um regime de fluxo turbulento, garantindo que todo o volume do produto passe repetidamente pela zona de alto cisalhamento adjacente ao disco. Desta forma, o equipamento gera a energia necessária para a ruptura de aglomerados, resultando em uma dispersão rápida e uniforme e, consequentemente, na eliminação do gargalo produtivo.

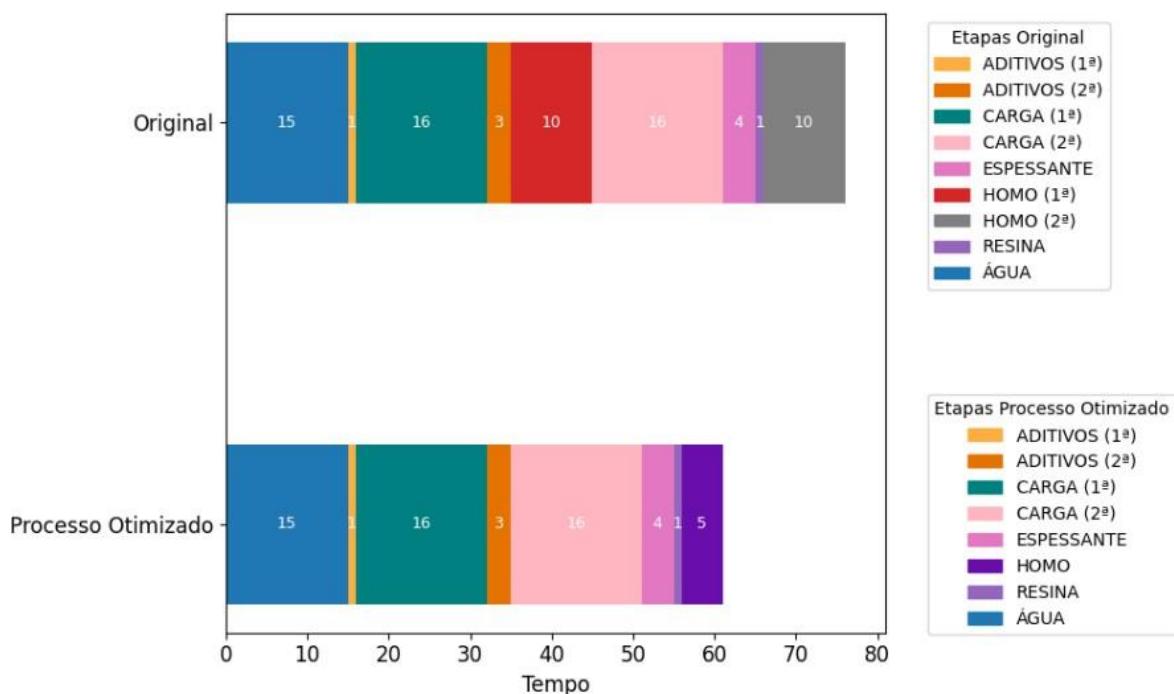
Figura 14. Disco de Cowles.



Fonte: Mably comércio, 2025

Com base em tais evidências, pode-se inferir que a substituição pelo equipamento Cowles permitiria a redução da etapa de homogeneização/dispersão de 20 minutos para um tempo de 5 a 10 minutos com cisalhamento moderado, mantendo ou melhorando a dispersão e a textura final da massa, o qual pode ser visto no gráfico representado na Figura 15 a seguir.

Figura 15. Comparativo processo Original x Otimizado (2).



Fonte: Autor, 2025.

5.3.2.2 Implementação de um sistema de *slurry*

O maior gargalo do nosso processo é o elevado tempo de transferência do carbonato para a masseira descrito anteriormente no tópico 5.2.2.5. A implementação de um sistema de *slurry* surge como uma solução transformadora, pois de acordo com Murray (2007), o *slurry* é uma dispersão de carga mineral, contendo dispersantes químicos dissolvidos em água, que pode passar por um processo de moagem e dispersão especial para controlar o tamanho de partícula e otimizar propriedades como poder de cobertura, cor e resistência à lavabilidade das tintas. No contexto dessa solução, a principal vantagem reside na facilitação do processo de fabricação, tornando-o mais ágil através do transporte por bombeamento. Esse sistema funcionaria como um intermediário: o carbonato seria pré-misturado com água e bombeado diretamente para a masseira. Isso elimina a complexa logística e o manuseio repetitivo dos *big bags* sobre o misturador, permitindo um controle superior da adição do carbonato e tornando o processo significativamente mais rápido e contínuo. Adicionalmente, haveria a eliminação da etapa de dosagem de água (uma das mais demoradas). A pré-dispersão do carbonato no *slurry* também facilitará a homogeneização subsequente, uma vez que as partículas já estarão individualizadas, evitando aglomerações.

A partir de uma medição in local, constatou-se uma vazão de 5 kg/s ao transportar *slurry* para um processo de fabricação de tinta, o que resultaria em um tempo de 31 minutos para o escoamento total do *slurry* (correspondente à massa resultante da água e carbonato utilizados originalmente na massa), um ganho expressivo em relação ao a soma dos tempos originais de transferência dos *big bags* e dosagem de água (47 minutos). Além disso, a mistura para a produção do *slurry* pode ter viscosidade semelhante à de uma tinta comum, possibilitando seu armazenamento em tanques e verticalizando os estoques de matéria-prima. Essa otimização pode ser visualizada a partir do esquema da Figura 16 a seguir.

Figura 16. Transferência de carga para a masseira (processo proposto).



Fonte: Autor, 2025.

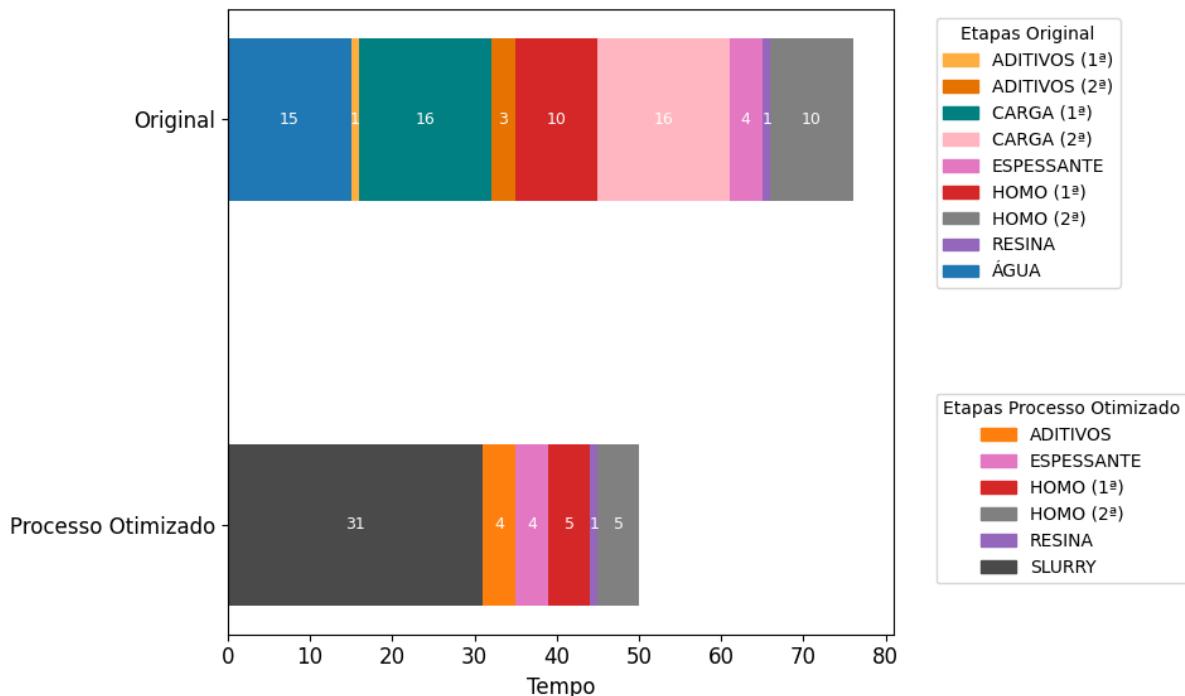
Pode-se resumir os pontos de mudança de forma direta e organizada, destacando os benefícios, a partir da Tabela 6 a seguir.

Tabela 6. Benefícios da implementação de um sistema de *slurry*.

Aspecto	Processo Atual (Antes)	Processo Proposto (Depois)
Método de Adição	Manual, por gravidade, via içamento de big bags sobre o tanque.	Automatizado, por bombeamento a partir de um sistema intermediário.
Equipamento Chave	Talha.	Tanque de pré-mistura (Slurry) e sistema de bombeamento.
Natureza do Fluxo	Discreto, em 4 lotes (2 lotes de 2 big bags e 2 lotes de 1 big bag).	Contínuo e controlado.
Logística na Produção	Manuseio repetitivo de 6 big bags na área do misturador.	Manuseio dos big bags em área dedicada ao slurry, fora do fluxo principal.
Segurança e Ambiente	Alta geração de poeira. Risco associado ao manuseio de cargas suspensas.	Processo fechado e limpo. Eliminação da poeira e dos riscos de içamento sobre o tanque.
Impacto no Processo	Atraso significativo (gargalo), dificulta a homogeneização.	Redução drástica do tempo de adição, facilita e acelera a homogeneização final.

Fonte: Autor, 2025.

Essas melhorias podem ser visualizadas no gráfico representado na Figura 17 o qual demonstra a introdução da nova etapa *slurry* e a eliminação das adições de carbonato e água no processo principal. Com essa mudança, a etapa de homogeneização também diminuirá significativamente. Isso acontece porque o homogeneizador terá a responsabilidade primária de apenas misturar o material já pré-disperso, em vez de quebrar aglomerados de pó. Embora ainda não tenhamos um tempo exato para essa nova etapa de homogeneização, a experiência operacional indica uma redução considerável em relação aos 20 minutos atuais.

Figura 17. Comparativo processo Original x Otimizado (3).

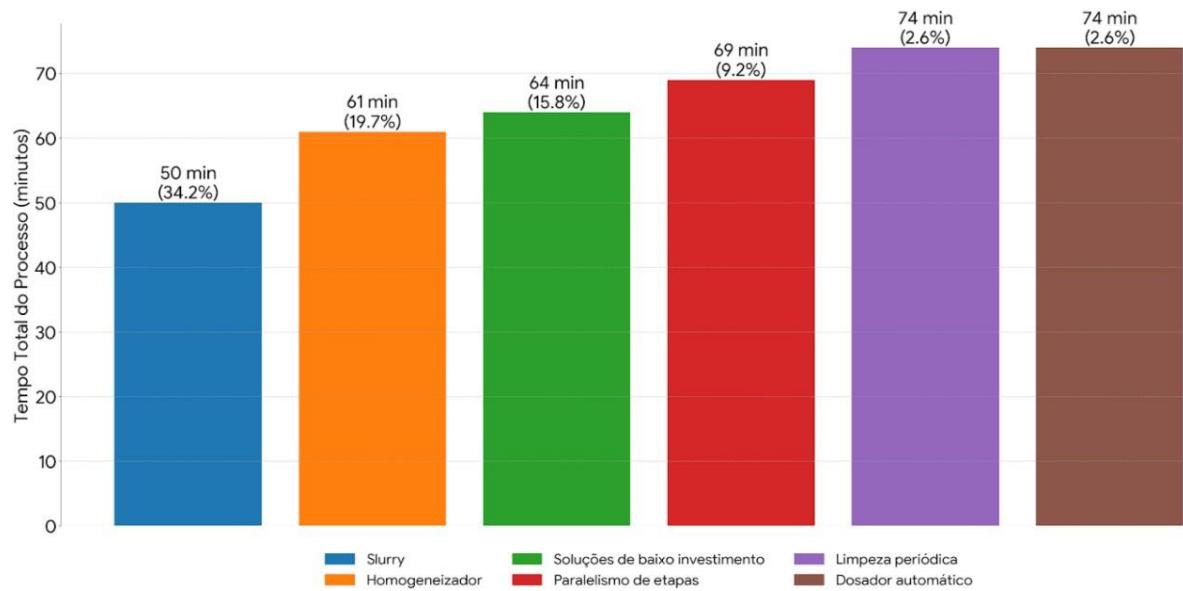
Fonte: Autor, 2025.

5.3.3 Impacto quantitativo das melhorias no tempo de produção

A implementação conjunta de todas as propostas detalhadas anteriormente tem o potencial de ir além da meta de redução do tempo de ciclo para 60 minutos. Ao otimizar cada etapa, não apenas será alcançado ganhos substanciais em produtividade, como também a criação de um ambiente de trabalho mais seguro, ergonômico e com processos mais robustos e controlados.

O gráfico ilustrado na Figura 18 abaixo sintetiza o impacto de cada solução individualmente e em conjunto, apresentando o tempo total de ciclo após a implementação de cada melhoria e sua respectiva parcela na otimização do processo. É possível observar que as soluções de alto investimento representam as maiores parcelas na redução do tempo, enquanto as de baixo investimento, embora individualmente menores, somam um impacto significativo quando realizadas em conjunto. Esse panorama visual reforça a importância de uma abordagem integrada para a otimização global do processo.

Figura 18. Impacto quantitativo das melhorias no processo.



Fonte: Autor, 2025.

Com a visualização clara do impacto projetado de cada melhoria, torna-se essencial definir a ordem de implementação dessas propostas. Para isso, se faz necessário uma matriz de prioridade, ferramenta que auxilia na tomada de decisão sobre quais ações deve ser iniciada primeiro, considerando fatores como custo, complexidade e retorno esperado.

5.4 PRIORIZAÇÃO DAS PROPOSTAS

Após a identificação das causas raiz e a proposição de diversas contramedidas para otimizar o processo de preparo da massa corrida, torna-se necessário estabelecer uma ordem lógica de implementação. Para que a multiplicação final funcione de forma intuitiva, foi invertida a lógica de numeração para Custo e Esforço. Ou seja, um custo baixo e um esforço baixo devem receber uma pontuação alta.

A Tabela 7 a seguir apresenta a análise detalhada de cada proposta, categorizando-as e fornecendo uma pontuação clara para orientar a sequência de suas implementações.

Tabela 7. Matriz de priorização (propostas).

Índice	Causa raiz	Contramedida	Impacto	Custo	Esférco	Prioridade Final (I x C x E)
1	Falta de paralelismo de etapas/Ociosidade do operador.	Reengenharia do método de trabalho.	3	5	4	60
2	Baixa vazão na bomba de espessante.	Cronograma/Manutenção preventiva.	3	4	4	48
3	Dosagem manual de aditivos/Risco de segurança/Falta de padronização.	Automação da dosagem de aditivos.	4	3	3	36
4	Elevado tempo de dispersão/homogeneização.	Troca do agitador por um dispersor disco de Cowles.	5	2	2	20
5	Elevado tempo de transferência de carga.	Implementação de um sistema de slurry.	5	1	2	10

Fonte: Autor, 2025.

Nem todas as soluções podem ser aplicadas simultaneamente, seja por restrições de investimento, recursos ou complexidade. Assim, pode-se afirmar que as contramedidas reengenharia do método de trabalho e manutenção preventiva emergiram com as maiores pontuações. Isso as qualifica como ações de alto retorno com baixo investimento de custo e esforço. Para a gestão do processo, essas devem ser as iniciativas de implementação imediata, pois são capazes de gerar resultados positivos rapidamente e com poucos recursos. Em um segundo momento, a automação da microdosagem representa um projeto de médio prazo, por ser uma alternativa mais custosa, mas com um impacto principalmente voltado para segurança e ergonomia da operação. Por outro lado, a troca do agitador e a implementação do sistema de *slurry*, apesar de possuírem o maior impacto potencial, têm sua prioridade reduzida pelo alto custo e esforço envolvidos. Isso as posiciona como projetos estratégicos de longo prazo.

6 CONCLUSÃO

Através da metodologia A3, foi possível conduzir uma análise estruturada do processo, desde a definição do problema de alto tempo de ciclo até a identificação de suas causas fundamentais. Essa abordagem sistemática permitiu a proposição de contramedidas eficazes, direcionadas para sanar as raízes da ineficiência produtiva. Dessa maneira, a execução das ações propostas demonstrou o potencial de otimizar o processo de forma expressiva, trazendo diversas formas de otimização com estratégias diferentes.

Essas estratégias abrangeram desde soluções de baixo investimento e rápida implementação, como a reengenharia do método de trabalho para permitir o paralelismo de etapas, até propostas de alto impacto estrutural, como a substituição do agitador por um dispersor de alta performance e a implementação de um sistema de slurry que automatiza e agiliza a alimentação da principal matéria prima. Essa abordagem multifacetada, que combina ganhos rápidos com transformações de longo prazo, é o que fundamenta a expressiva redução no tempo de ciclo e o consequente aumento na capacidade produtiva. Sendo assim, a metodologia provou ser um sucesso, e recomenda-se sua replicação futura para diferentes problemas, não apenas na linha de produção analisada, mas em diversos contextos industriais, a fim de garantir melhorias eficazes e o aumento da competitividade.

REFERÊNCIAS

- ALKIAYAT, M. A practical guide to creating a Pareto chart as a quality improvement tool. **Global Journal on Quality and Safety in Healthcare**, v. 4, n. 2, p. 83-84, 2021. DOI: 10.36401/JQSH-21-X1. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10228985/>. Acesso em: 16 ago. 2025.
- ANGHINETTI, I. C. B. **Tintas, Suas Propriedades e Aplicações Imobiliárias**. 2012. Monografia (Curso de Especialização em Construção Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.
- BARBIERO, A. C. N. *et al.* Superando as fronteiras disciplinares: um olhar para a interdisciplinaridade. **Revista Educere et Educare**, v. 19, n. 49, p. 168–185, 2024. DOI: 10.48075/educare.v19i49.32864. Disponível em: <https://erevista.unioeste.br/index.php/educereeducare/article/view/32864/23347>. Acesso em: 16 ago. 2025.
- CALCICA. **Precipitated calcium carbonate applications**. [s. d.]. Disponível em: <https://www.calcica.com/articles/17/Precipitated-calcium-carbonate-applications>. Acesso em: 29 jul. 2025.
- CUNHA, A. O. **O estudo da tinta/textura como revestimento externo em substrato de argamassa**. 2011. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Construção Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.
- FAESARELLA, I. S.; SACOMANO, J. B.; CARPINETTI, L. C. R. **Gestão da Qualidade: conceitos e Ferramentas**. São Carlos: Universidade de São Paulo, 2006.
- FAZANO, C. T. V. **Tintas – Métodos de controle de pinturas e superfícies**. São Paulo: Hemus Editora Limitada, 1995.
- FAZENDA, J. M. R. **Tintas e vernizes: ciência e tecnologia**. 4. ed. São Paulo: Edgard Blücher Ltda., 2009.
- HIN, N. D.; TEIXEIRA, E. P. Cronoanálise: estudo em uma indústria química no segmento de materiais. **ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO – ENEGEP**, 43., 2023, Fortaleza. Anais [...]. Fortaleza, 2023.
- HIRANO, M. I. **Aplicação do relatório A3 como ferramenta de melhoria contínua em uma empresa do setor hidráulico**. 2018. Monografia (Graduação) – Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena, 2018
- HOLANDA, L. L. **Aumento da produtividade na linha de complementos imobiliários através da coleta e análise de dados**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2023.
- INOXPA. **Agitadores para tanques**. [s. d.]. Disponível em: <https://www.inoxpa.com.br/produtos/mistura/agitadores-industriais/agitadores-para-tanques>. Acesso em: 28 jul. 2025.

KOSAKA, D. **Relatório A3: ferramenta para melhorias de processos.** Lean Institute Brasil, 2006. Disponível em: <https://www.lean.org.br/artigos/90/relatorio-a3-ferramenta-para-melhorias-de-processos.aspx>. Acesso em: 28 jul. 2025.

KUMAH, A; NWOGU, C. N.; ISSAH, A.; OBOT, E.; KANAMITIE, D. T.; SIFA, J. S.; AIDOO, L. A. Cause-and-Effect (Fishbone) Diagram: A Tool for Generating and Organizing Quality Improvement Ideas. **Global Journal on Quality and Safety in Healthcare**, v. 7, n. 2, p. 85–87, 2024. DOI: <https://doi.org/10.36401/JQSH-23-42>. Disponível em: <https://meridian.allenpress.com/innovationsjournals-JQSH/article/7/2/85/498272/Cause-and-Effect-Fishbone-Diagram-A-Tool-for>. Acesso em: 16 ago. 2025.

MABILY COMÉRCIO. **Hélice Cowles.** [s. d.]. Disponível em: <https://www.mabilycomercio.com.br/helice-cowles>. Acesso em: 28 jul. 2025.

MATOS, M. **Uma visão química das Tintas Imobiliárias e sua questão ambiental.** 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química) – Universidade Federal de São João del-Rei, São João del-Rei, 2017.

MURRAY, H. H. **Applied Clay Mineralogy:** Occurrences, Processing and Application of Kaolins, Bentonites, Palygorskite-Sepiolite, and Common Clays. Indiana: Elsevier, 2007.

NERIS, R. F. Instrumentação e controle de processos na indústria. **Revista Ibero-Americana De Humanidades, Ciências E Educação**, v. 8, n. 3, p. 1269–1276, 2022. DOI: <https://doi.org/10.51891/rease.v8i3.4698>. Disponível em: <https://periodicorease.pro.br/rease/article/view/4698>. Acesso em: 28 jul. 2025.

SANDRINI, G. **Como o pensamento A3 revoluciona a maneira de resolver problemas.** Kimia, 2020. Disponível em: <https://www.kimia.com.br/como-o-pensamento-a3-revoluciona-a-maneira-de-resolver-problemas/>. Acesso em: 07/06/2025.

SERRAT, O. **Knowledge solutions:** Tools, Methods, and Approaches to Drive Organizational Performance. Cham: Springer Open, 2017.

SILVA, J. L. **A fascinante história da utilização do cal: da antiguidade às soluções modernas.** 2024. Disponível em: https://www.gecal.com.br/a-fascinante-historia-da-utilizacao-do-cal-da-antiguidade-as-solucoes-modernas?utm_source=. Acesso em: 29/01/2025.

SOARES, **Diagrama de Pareto: o que é, como usar e modelo para baixar gratuitamente,** 2024. Disponível em: <https://napratica.org.br/diagrama-de-pareto/> Acesso em: 07/06/2025.

TEAM ENGINEERS GROUP. **Anchor agitators.** [s. d.]. Disponível em: <https://teamengineersgroup.com/anchor-agitators>. Acesso em: 29 jul. 2025.

TAYRANE. **Matriz de priorização: o que é, como usar e principais tipos.** Ploomes Blog, 19 nov. 2024. Disponível em: <https://blog.ploomes.com/matriz-de-priorizacao/>. Acesso em: 16 ago. 2025.

ZANOTTO, G. A importância do orçamento organizacional como suporte ao controle gerencial. **Revista Ciência da Sabedoria**, [S. l.], v. 1, n. 1, 2020. Disponível em: <https://revista.faciencia.com.br/index.php/rcc/article/view/11>. Acesso em: 17 ago. 2025.

APÊNDICE - Registros de processos produtivo de massa corrida.

Ordem de produção	Tempos (min)							Δt - TEMPO TOTAL
	Δt - Água	Δt - Resina	Δt - Aditivo	Δt - Espessante	Δt - Carga	Δt - Homogenização	Δt - TEMPO TOTAL	
1	15	1	3	5	28	20	72	
2	15	1	4	5	29	20	74	
3	15	1	3	3	34	20	76	
4	15	1	3	3	33	20	75	
5	15	1	3	2	35	20	76	
6	15	1	4	3	33	20	76	
7	15	1	5	3	32	20	76	
8	15	1	4	5	30	20	75	
9	15	1	4	5	30	20	75	
10	15	1	5	5	35	20	81	
11	15	1	3	5	34	20	78	
12	15	1	3	5	30	20	74	
13	15	1	3	5	31	20	75	
14	15	1	4	2	33	20	75	
15	15	1	4	2	30	20	72	
16	15	1	4	2	32	20	74	
17	15	1	3	5	34	20	78	
18	15	1	3	3	36	20	78	
19	15	1	4	5	32	20	77	
20	15	1	4	3	29	20	72	
21	15	1	4	3	32	20	75	
22	15	1	3	5	32	20	76	
23	15	1	3	4	29	20	72	
24	16	1	3	3	32	20	75	
25	16	1	3	2	31	20	73	
26	16	1	4	4	33	20	78	
27	16	1	4	3	32	20	76	
28	16	1	3	3	30	20	73	
29	15	1	2	3	31	20	72	
30	15	1	3	5	30	20	74	
31	16	1	4	5	30	20	76	
32	15	1	4	5	30	20	75	
33	15	1	4	5	31	20	76	
34	15	1	3	5	31	20	75	
35	15	1	3	4	32	20	75	
36	16	1	3	4	31	20	75	