



Relatório Final: Field Project

Rupturas e Ressuprimentos: Redistribuição é a solução?

Equipe:

Samyra Mara
Leonardo Veríssimo
Gabrielly Chácara

Orientadores:

Bruno Carmona
Jéssica Mateus

Coordenador:

Wagner Carvalho Sande

Rio de Janeiro
2025

Sumário

1	Introdução	2
2	Contextualização do Problema	2
3	Entendimento Inicial do Sistema	3
4	Parâmetros do Banco de Dados	3
5	Distribuição Atual: Lógica de Ranqueamento da Empresa	5
6	Hipótese Inicial	5
7	Indicadores de Sucesso da Distribuição	6
8	Proposta de Redistribuição entre Filiais	6
9	Simulação	7
10	Resultados e Análises	8
11	Conclusão	10
12	Próximos Passos e Trabalhos Futuros	10
13	Agradecimentos	10

1 Introdução

Este relatório apresenta os resultados do *Field Project* desenvolvido em parceria com o grupo AZZAS 2154, no contexto da marca Animale, ao longo do ano de 2025. O projeto foi realizado pelos alunos Samyra Mara, Leonardo Veríssimo e Gabrielly Chácara, com orientação técnica de Jéssica Mateus e Bruno Carmona, profissionais da empresa.

O desafio proposto pela AZZAS 2154 consistiu em responder a uma pergunta central: **o que caracteriza uma boa distribuição de produtos no varejo de moda?** Mais especificamente, a empresa buscava **indicadores capazes de medir a performance e a eficiência da distribuição**, indo além da intuição operacional e permitindo uma avaliação quantitativa do sistema já existente.

A operação de distribuição da empresa já se encontrava em pleno funcionamento, baseada principalmente em um Centro de Distribuição (CD) responsável por ressuprir as filiais quando estas entravam em estado de ruptura. No entanto, permanecia a dúvida se esse modelo centralizado era suficiente para minimizar perdas de venda e garantir eficiência logística em todos os cenários.

Diante disso, nosso projeto teve como objetivo principal analisar criticamente o modelo atual, propor métricas de avaliação e investigar se um **cenário alternativo de redistribuição entre filiais** poderia reduzir o tempo de ruptura e melhorar o desempenho global da operação.

2 Contextualização do Problema

No varejo de moda, a indisponibilidade de um produto em loja representa uma oportunidade de venda perdida. Quando um cliente não encontra uma peça desejada em seu tamanho ou cor, a probabilidade de desistência da compra é significativa. Esse cenário caracteriza o chamado **estado de ruptura**.

Sempre que uma filial entra em ruptura, o sistema logístico é acionado para enviar o produto a partir do Centro de Distribuição. No entanto, esse processo envolve um tempo de espera inevitável, conhecido como **lead time**, durante o qual a loja permanece impossibilitada de atender aquela demanda específica.

A questão central que motivou este trabalho foi a seguinte: *será que depender exclusivamente do CD é sempre a melhor estratégia?* Ou, alternativamente, lojas próximas com excesso de estoque poderiam atuar temporariamente como pequenos centros de distribuição, reduzindo o tempo de ruptura?

3 Entendimento Inicial do Sistema

Como etapa inicial, a equipe participou de reuniões recorrentes com os orientadores da empresa, cujo objetivo foi compreender o funcionamento da distribuição atual e o significado prático das variáveis presentes no banco de dados da Animale.

A base de dados fornecida continha informações detalhadas sobre vendas, estoques, rupturas, lead times, custos de transporte e localização das filiais. A partir desse material, realizamos uma análise exploratória para entender como o sistema atual prioriza o ressuprimento das lojas e como essas decisões se refletem no tempo de ruptura observado.

Esse primeiro contato foi fundamental para validar que a empresa já possui um modelo estruturado de distribuição, mas que carecia de **indicadores consolidados** que permitissem avaliar sua eficiência de forma comparável entre filiais.

4 Parâmetros do Banco de Dados

A Tabela 1 detalha as variáveis disponíveis no conjunto de dados.

Tabela 1: Dicionário de Dados da Tabela de Estoque

Variável	Significado	Descrição	Tipo	Exemplo
FILIAL	Filial	Nome e código da loja.	string	ANIMALE BALNEARIO SHOP CM
COLECAO	Coleção	Nome da coleção.	string	VER26
SKU	SKU	Cada produto separado por modelo, tamanho e cor.	string	52.13.6196-11064-TAM_2
VELOCIDADE_VENDA	Velocidade de venda	Quantidade de venda dos últimos 14 dias em relação ao estoque disponível no mesmo período por SKU/Loja.	float	0.090909
ALVO	Alvo	Alvo calculado como: $velocidade_venda \times leadtime$. Recalculado a cada 7 dias e arredondado para cima.	int	2.0
PRESENTE	Presente	Quantidade de estoque disponível em loja somado ao estoque em trânsito.	int	0.0
TRANSITO	Trânsito	Quantidade de estoque em trânsito.	int	0.0
EMBALADO	Embalado	Quantidade de estoque embalado.	int	0.0
RESERVADO	Reservado	Quantidade de estoque reservado.	int	0.0

Continua na próxima página...

Variável	Significado	Descrição		Tipo	Exemplo
REGULADOR	Regulador	Quantidade de estoque disponível no Centro de Distribuição (excluindo reservas e estoque adiante).		int	8.0
LEADTIME	Lead time	Média do tempo de entrega dos últimos 60 dias de todos os SKUs de uma filial.		float	10.52
MINIMO	Mínimo	Quantidade mínima para exposição do produto na loja.		int	0.0
RESSUPRIR	Ressuprir	Indicador de quando o produto deveria ser ressuprido.		int	2.0
VENDAS	Vendas	Soma das vendas dos últimos 14 dias.		int	1.0
VENDAS_ONTEM	Vendas ontem	Quantidade do SKU vendida no dia anterior.		int	1.0
DATA	Data	Data referente ao registro.		date	2025-09-08
EST_TOTAL	Estoque Total	Soma do estoque da loja, reservado, embalado e em trânsito.		int	0.0
EST_DISP	Estoque Disponível	Estoque físico disponível na loja.		int	0.0
ELASTICIDADE	Elasticidade	Multiplicador do alvo baseado no crescimento das vendas (histórico) e estoque disponível.		int	1.0
CATEGORIA_EST_TOTAL	Cat. Total	Est.	Indica a situação (Excesso, Alvo, Ruptura Ressuprível, etc.) em relação ao estoque total da Filial.	string	Ruptura Ressuprível
CATEGORIA_EST_DISP	Cat. Disp.	Est.	Indica a situação em relação ao estoque disponível em loja/Filial.	string	Ruptura Ressuprível
CONT_RUPTURA	Cont. Ruptura		Indicador booleano. Estoque total = 0 (não está ressuprido pois não há estoque no regulador).	bool	0
CONT_RUPTURA_RESSUP	Cont. Ressup.	Rup.	Ruptura ressuprível: Estoque total = 0 na filial, mas existe saldo no regulador.	bool	1
CONT_FALTA	Cont. Falta		Indicador de que determinado produto está em falta.	bool	0
VOLUME_FALTA	Volume Falta		Quantidade de produtos em falta.	int	0.0
CONT_ALVO	Cont. Alvo		Indicador de que determinado produto está no valor alvo.	bool	0
CONT_EXCESSO	Cont. Excesso		Indicador de que determinado produto está em excesso.	bool	0
VOLUME_EXCESSO	Volume Excesso		Quantidade de produtos em excesso.	int	0.0

Nota: Todos os campos iniciados por CONT_ referem-se ao estoque total disponível.

5 Distribuição Atual: Lógica de Ranqueamento da Empresa

Antes de propor qualquer alteração no modelo logístico, foi fundamental compreender como a empresa atualmente decide quais lojas devem ser ressupridas primeiro. No cenário vigente, o Centro de Distribuição (CD) atua como o único provedor de estoque para as filiais.

Quando uma loja entra em estado de ruptura, ela passa a integrar uma fila de priorização. Esse ranqueamento é construído a partir de uma fórmula proprietária da empresa, que combina informações como velocidade de venda do SKU e lead time da loja. A partir dessa priorização, as peças disponíveis no CD são direcionadas às filiais mais bem colocadas no ranking.

Esse mecanismo garante que o ressuprimento siga critérios objetivos e padronizados, porém mantém toda a operação concentrada no CD. Dessa forma, mesmo em cenários em que existam lojas com excesso de estoque geograficamente próximas, o sistema não contempla a possibilidade de redistribuição direta entre filiais.

Compreender essa lógica foi essencial para que nossas propostas fossem realistas e compatíveis com a operação já existente, servindo como base de comparação para os cenários simulados posteriormente.

6 Hipótese Inicial

A partir da análise exploratória, formulamos a seguinte hipótese:

Algumas lojas permanecem em estado de ruptura por um período maior do que o lead time previsto para o ressuprimento.

Essa hipótese sugere um desalinhamento entre o tempo esperado de reposição e o tempo real em que a loja permanece sem estoque, indicando possíveis ineficiências na distribuição.

Índice de Estabilidade Temporal (IET)

Para testar essa hipótese e quantificar o desempenho da distribuição atual, propusemos o **Índice de Estabilidade Temporal (IET)**, que compara diretamente o tempo em ruptura com o lead time esperado.

Sejam:

- *DIASRUPTURA*: número de dias em que a loja permaneceu em ruptura;
- *LEADTIME*: tempo previsto para o ressuprimento.

Definimos o índice como:

$$IET = \frac{LEADTIME - DIASRUPTURA}{LEADTIME} \quad (1)$$

Valores positivos indicam que a loja foi ressuprida antes do tempo previsto, valores próximos de zero representam desempenho conforme o esperado, e valores negativos apontam rupturas mais longas do que o tolerável.

Esse índice permitiu a avaliação de filiais, identificando padrões de desempenho e fornecendo uma visão global da eficiência temporal da distribuição atual.

7 Indicadores de Sucesso da Distribuição

Com base nos objetivos do projeto, definimos três indicadores principais para avaliar qualquer cenário de distribuição:

Eficiência Logística

Mede se o estoque está bem alocado, evitando excesso prolongado em filiais com baixa saída e permitindo redirecionamento para lojas com maior demanda.

Eficiência Comercial

Avalia se o custo de transporte associado ao envio de uma peça é compensado pela velocidade de venda e pelo potencial de receita da filial receptora.

Tempo de Ruptura

Indicador central do projeto, mede quanto tempo uma loja permanece sem estoque de determinado SKU, refletindo diretamente a perda de oportunidades de venda.

8 Proposta de Redistribuição entre Filiais

Após compreender o funcionamento do modelo atual e analisar o IET, avançamos para a construção de um cenário alternativo. Nesse novo modelo, lojas com excesso de estoque poderiam atuar como **provedoras**, enviando peças para lojas em ruptura.

Para decidir se o ressuprimento deveria vir do CD ou de outra filial, desenvolvemos um algoritmo de ranqueamento que pondera dois fatores principais: **lead time** e **custo de frete**. A decisão final prioriza a alternativa mais rápida e economicamente viável naquele momento.

Formulação Matemática do Ranking

A prioridade de atendimento é calculada através de uma função de pontuação $F(B)$, onde quanto maior o valor, maior a prioridade daquele provedor para atender a filial B . O modelo define duas situações distintas:

- **Cenário 1: Ressuprimento entre Filiais ($A \rightarrow B$)**

Quando uma filial A (em excesso) é candidata a suprir a filial B (em ruptura):

$$F_A(B) = \left(\frac{1}{\text{LeadTime}(A \rightarrow B)} + \frac{1}{\text{Custo}(A \rightarrow B)} \right) \quad (2)$$

- **Cenário 2: Ressuprimento pelo CD ($CD \rightarrow B$)**

Quando o Centro de Distribuição é o candidato a suprir a filial B :

$$F_{CD}(B) = \alpha \cdot \left(\frac{1}{\text{LeadTime}(CD \rightarrow B)} + \frac{1}{\text{Custo}(CD \rightarrow B)} \right) \quad (3)$$

Onde as variáveis são definidas como:

A: Filial provedora (que possui excesso de estoque).

B: Filial receptora (que está em ruptura).

α : Fator de preferência do CD (constante que ajusta a prioridade do centro de distribuição frente às lojas).

LeadTime: Estimado como $C \times$ distância.

Custo: Estimado como $K \times$ distância (onde o custo por km entre lojas tende a ser maior que do CD).

Essa formulação inversa ($1/x$) garante que menores tempos de entrega e menores custos resultem em uma pontuação (F) maior no ranking.

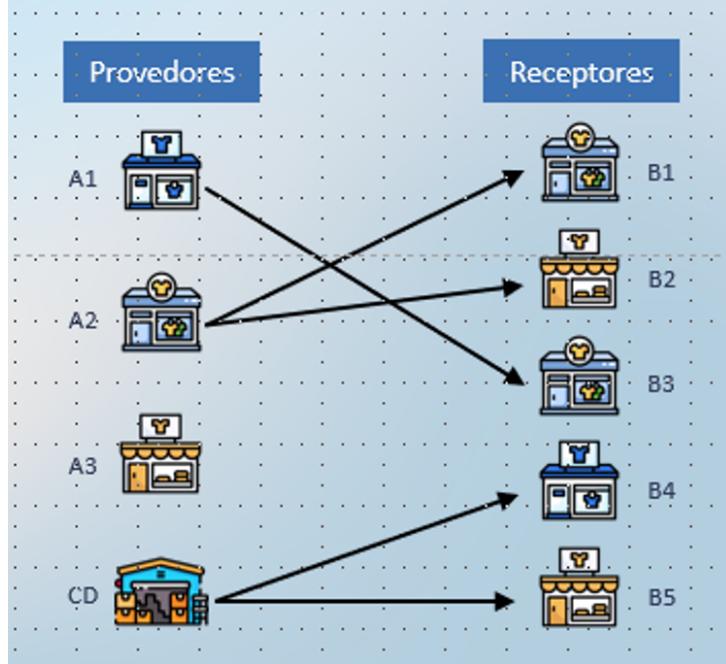


Figura 1: Exemplo esquemático da redistribuição

9 Simulação

A execução da simulação partiu da definição de uma data de corte fixa. A partir deste marco temporal, extraímos uma cópia dos dados reais do banco de dados da empresa, utilizando esse estado como o ponto de partida ($t = 0$) para a implementação do modelo.

Premissas e Tratamento dos Dados

Ao processar esses dados extraídos, foram estabelecidas as seguintes regras para a dinâmica da simulação:

- **Parâmetros de Entrada (Data Base):** As variáveis de **velocidade de venda** e **estoque alvo** utilizadas na simulação foram exatamente aquelas encontradas no sistema da empresa na data de corte escolhida.
- **Estacionariedade dos Parâmetros:** Embora no mundo real esses valores sejam recalculados periodicamente, para fins desta simulação, eles foram tratados como **constants**. Ou seja, o algoritmo projetou o comportamento dos dias seguintes assumindo que a velocidade de venda e o alvo daquele dia específico se manteriam fixos ao longo do período simulado.

Com esse cenário inicial carregado, o algoritmo avança dia após dia, identificando lojas em ruptura e comparando as decisões de abastecimento entre:

- Distribuição tradicional (apenas CD);
- Distribuição com redistribuição entre filiais.

Essa abordagem permitiu testar a robustez do modelo de redistribuição utilizando dados reais, isolando o impacto da logística das flutuações de demanda que ocorreriam por mudanças nos parâmetros de venda.

10 Resultados e Análises

A seguir, apresentamos os indicadores de desempenho obtidos na simulação comparativa entre o modelo centralizado (apenas CD) e o modelo proposto de redistribuição entre filiais.

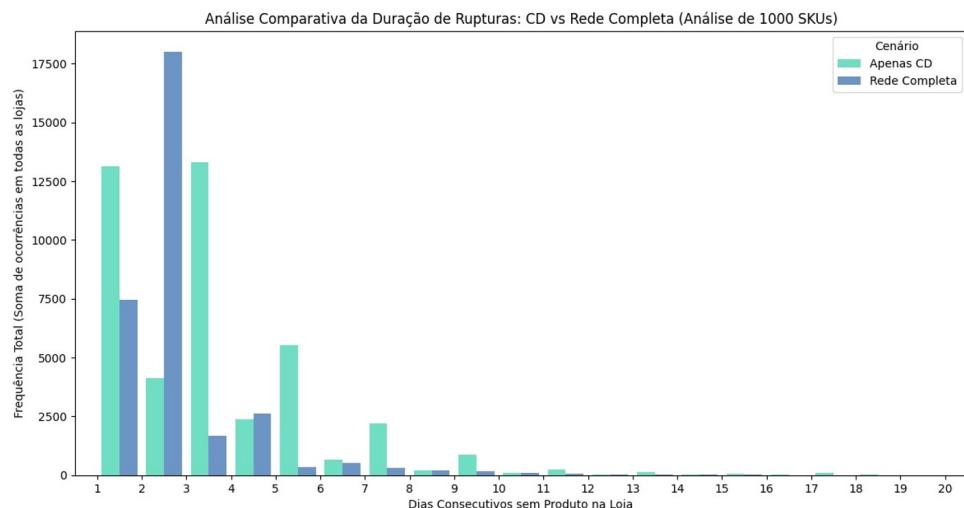


Figura 2: **Comparativo de Duração da Ruptura:** O gráfico ilustra a redução nos dias de ruptura (barras claras) com a redistribuição, em comparação ao modelo atual (barras escuras).

A Figura 2 destaca o indicador mais crítico do estudo: o Tempo de Ruptura. Observa-se que, com a redistribuição entre lojas, houve uma redução significativa no número de dias em que as filiais permanecem em ruptura. Isso indica que as reposições de SKUs ocorrem em um ciclo mais curto, aumentando a disponibilidade do produto para o cliente final e reduzindo a frustração de compra.

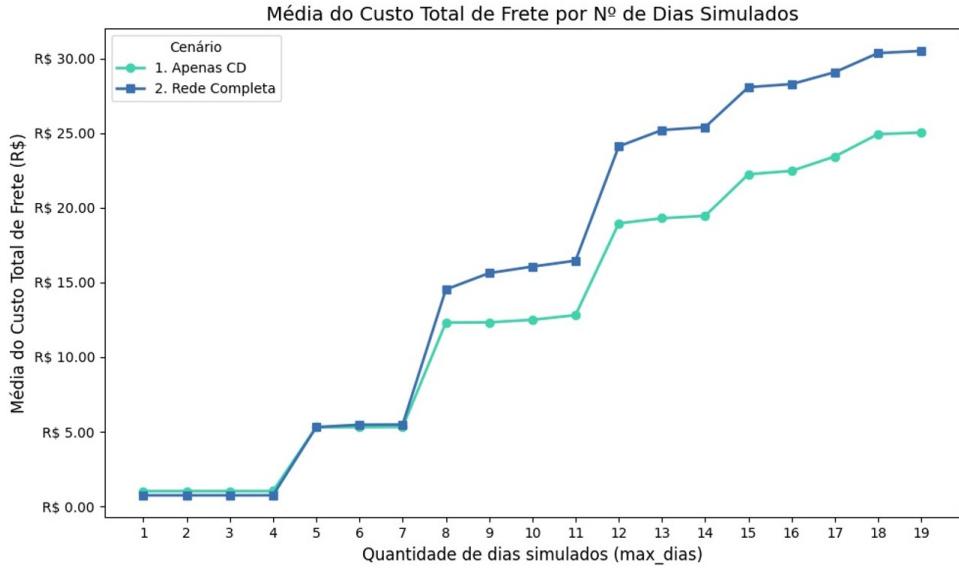


Figura 3: **Evolução do Custo Logístico:** Comparação do custo acumulado de frete entre os cenários.

Entretanto, como evidenciado na Figura 3, existe um claro ***trade-off*** entre **agilidade e custo logístico**. O gráfico apresenta o Custo de Frete Fracionado Acumulado — o investimento total para manter cada SKU abastecido peça a peça.

O modelo de redistribuição, ao realizar múltiplos envios fracionados entre lojas, apresenta um custo operacional naturalmente superior ao envio consolidado via CD (caminhão cheio). A análise estratégica deve, portanto, ponderar se a margem de lucro recuperada pela venda (que seria perdida por ruptura) compensa esse incremento logístico.

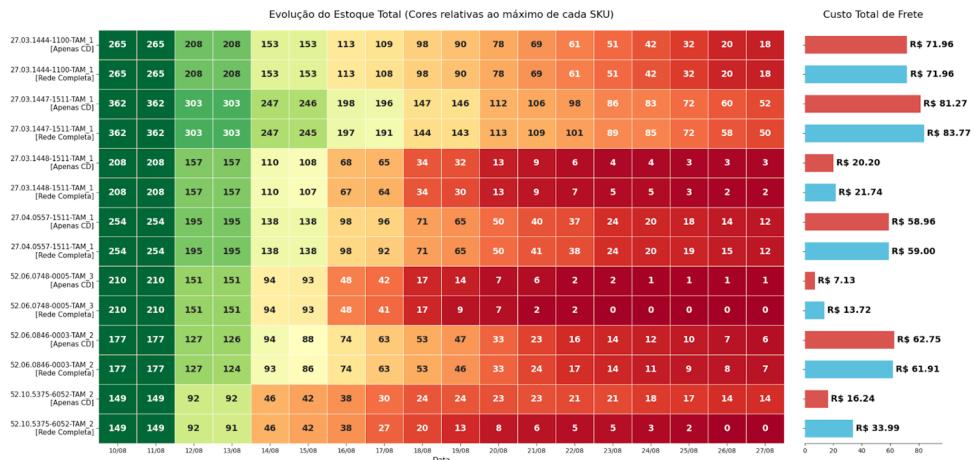


Figura 4: Mapa de calor demonstrando a densidade de estoque e vendas por filial.

É fundamental ressaltar, contudo, uma limitação estrutural da simulação que pode influenciar a interpretação do mapa de calor. O modelo atual considera uma **velocidade de venda fixa** para cada SKU, assumindo que o produto será vendido dentro de um ciclo pré-determinado independente da saturação momentânea da loja.

Essa premissa cria uma desvantagem analítica para a proposta de redistribuição. Pela lógica da simulação, lojas com **excesso de estoque** (cenário frequente na distribuição via CD) continuam registrando vendas baseadas apenas na probabilidade fixa, o que faz com que o desempenho do modelo centralizado pareça, em alguns recortes, próximo ou até superior. Na realidade de mercado, o excesso de estoque local sem demanda real resultaria em estagnação (peça parada), um problema que a redistribuição dinâmica resolveria, mas que a velocidade fixa da simulação não consegue capturar totalmente.

11 Conclusão

O estudo mostrou que a redistribuição entre filiais pode ser uma solução eficaz para reduzir o tempo de ruptura, especialmente em regiões com alta densidade de lojas. No entanto, essa estratégia envolve custos logísticos adicionais que precisam ser avaliados caso a caso.

Portanto, a resposta à pergunta central do projeto é: **redistribuir vale a pena, mas depende do produto, da região e do equilíbrio entre custo e benefício**. O modelo proposto não substitui o CD, mas atua como uma ferramenta complementar para tornar a distribuição mais resiliente.

12 Próximos Passos e Trabalhos Futuros

Embora os resultados obtidos sejam promissores, o projeto abre espaço para diversas extensões que tornariam a análise ainda mais robusta e aderente à realidade operacional da empresa.

Um primeiro ponto diz respeito à reavaliação do algoritmo de ranqueamento utilizado na simulação. Idealmente, as lojas deveriam ser priorizadas com base em uma estimativa mais refinada da velocidade de venda por SKU e por filial. No entanto, simular esse cenário envolve uma complexidade adicional, pois seria necessário estimar qual seria a distribuição ótima de estoque entre lojas, algo que depende fortemente do comportamento histórico de vendas e da interação entre múltiplos SKUs.

Além disso, uma análise futura mais aprofundada exigiria a comparação direta entre os resultados simulados e os dados reais da empresa para essa variável, permitindo redefinir não apenas o ranqueamento, mas também parâmetros como o alvo ideal de estoque por loja.

Outro ponto importante é a ampliação do escopo do modelo para além do estado de ruptura. Neste projeto, focamos exclusivamente em situações em que a loja estava completamente sem estoque de determinado SKU. Como trabalho futuro, seria relevante estender o sistema para tratar também cenários de **falta**, em que o nível de estoque é baixo, mas ainda não nulo, permitindo ações preventivas antes que a ruptura ocorra.

Esses avanços permitiriam transformar o modelo proposto em uma ferramenta ainda mais estratégica, capaz de atuar tanto de forma corretiva quanto preventiva na gestão de estoques.

13 Agradecimentos

Agradecemos à AZZAS 2154 e à equipe da Animale pela disponibilização dos dados e pelo acompanhamento constante ao longo do projeto. Em especial, agradecemos a Jéssica Mateus e Bruno Carmona pela orientação técnica e pelas valiosas contribuições durante todo o desenvolvimento deste trabalho.