



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP  
Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO**  
**INSTITUTOS DE CIÊNCIAS EXATAS E APLICADAS**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**  
**CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**UM MODELO PARA O ESTUDO DE LOCALIZAÇÃO DE ARMAZÉNS E  
ROTAS PARA A LOGÍSTICA DA CADEIA REVERSA DO AÇAÍ**

Isabela Goretti Scaramelo de Carvalho

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**  
**JOÃO MONLEVADE**  
Abril, 2018.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP  
Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas  
Colegiado do Curso de Engenharia de Produção



ISABELA GORETTI SCARAMELO DE CARVALHO

## **UM MODELO PARA O ESTUDO DE LOCALIZAÇÃO DE ARMAZÉNS E ROTAS PARA A LOGÍSTICA DA CADEIA REVERSA DO AÇAÍ**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Departamento de Engenharia de Produção do Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas da Universidade Federal de Ouro Preto, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientadora: Prof<sup>a</sup> Dra. Mônica do Amaral

JOÃO MONLEVADE

Abril, 2018



### ATA DE DEFESA

Aos três dias do mês de maio de 2018, às 15 horas e trinta minutos, na sala C304 deste instituto, foi realizada a defesa do Trabalho de Conclusão de Curso pela aluna **Isabela Goretti Scaramelo de Carvalho**, sendo a comissão examinadora constituída pelos professores **Izabel Cristina Silva**, **June Marques Fernandes** e **Mônica do Amaral**. A aluna apresentou o trabalho intitulado "UM MODELO PARA O ESTUDO DE LOCALIZAÇÃO DE ARMAZÊNS E ROTAS PARA A LOGÍSTICA DA CADEIA REVERSA DO AÇAÍ". A comissão examinadora deliberou pela

- Aprovação
- Aprovação com Ressalva - Prazo concedido para as correções: 30 dias
- Reprovação com Ressalva - Prazo para marcação da nova banca: \_\_\_\_\_
- Reprovação da aluna,
- com nota **8,5 (oito vírgula cinco)**.

Na forma regulamentar e seguindo as determinações da resolução COEP12/2015 foi lavrada a presente ata que é assinada pelos membros da comissão examinadora e pela aluna.

João Montevade, 3 de maio de 2018.

Mônica do Amaral - Professora Orientadora

June Marques Fernandes - Convidado

Izabel Cristina Silva - Convidada

Isabela Goretti Scaramelo de Carvalho - Candidata



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
Universidade Federal de Ouro Preto – UFOP  
Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas  
Colegiado do Curso de Engenharia de Produção



Dedico este trabalho às três pessoas mais importantes da minha vida. A minha mãe, Elaina, pela paciência e dedicação incansável. A meu pai, pela motivação e inspiração. A minha irmã, Ju, por encurtar a distâncias e nunca me deixar desistir.



## AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente a Deus, por todo discernimento, energia e coragem para enfrentar os desafios durante essa caminhada.

Agradeço à minha querida orientadora, Mônica do Amaral, por ter acreditado em mim, pelo incentivo e suporte dado em todos os momentos, que foram fundamentais para conclusão desta pesquisa. Sou imensamente grata por você, Moniquinha.

À minha família, que mesmo longe, sempre se fez presente em todos os momentos, conduzindo as devidas lições de amor e fraternidade.

À República Xiliki, minha segunda família, pelos melhores anos da minha vida.

E aos meus amigos, por toda torcida e apoio dado ao longo deste trabalho.



## RESUMO

Ações no âmbito de logística reversa têm sido desenvolvidas para proporcionar não só redução de custos de trajeto nas organizações, como também a melhoria nas condições de vida dos indivíduos. Nesse viés, este trabalho se dedica a estudar o processo de logística reversa do bagaço do açaí nas regiões de Belém do Pará e Castanhal, utilizando um modelo para projeto de redes do tipo *hub-and-spoke*. A grande demanda pela polpa do açaí na região ocasiona um volume de 460 toneladas diárias de resíduos produzidos. Esse grande volume de rejeitos se dá pelo fato de somente 15% de todo o açaí, a polpa, ser utilizada para consumo alimentar e produtos derivados, enquanto os outros 85% restantes são considerados rejeitos. Assim, almeja-se responder o questionamento de qual é a melhor configuração logística para minimizar a soma dos custos de distribuição desse rejeito de forma com que o máximo de bagaços de açaí seja reaproveitado pelas olarias de São Miguel do Guamá. Para responder a esta pergunta, este trabalho fundamentou-se em uma metodologia de pesquisa empírica normativa, com o objetivo de desenvolver estratégias e ações que melhorem a situação corrente por meio de um modelo de otimização. Os resultados confirmaram que, independente da configuração de origem do bagaço de açaí, os pontos de armazenagem encontrados para o fluxo ótimo foram os mesmos.

Palavras chaves: Redes *hub-and-spoke*, Logística Reversa, Bagaço do açaí.



## ABSTRACT

Actions in the field of reverse logistics have been promoted to reduce the logistics costs of the organizations as well as improvement in the living conditions of individuals. In this way, this work is devoted to study the reverse logistics process of açai in the regions of Belém do Pará and Castanhal using a hub-and-spoke model. The huge demand for the açai in the region causes a volume of 460 daily tons of waste. This large volume of tailings is due to the fact that only 15% of all açai, the pulp, is used for food consumption and derived products while the remaining 85% are considered as waste. Thus, it is intended to answer the question of what is the best logistic configuration to minimize the sum of the costs of distribution of this residue so that the maximum of açai bagasse is reused by the potteries of São Miguel do Guamá? To answer this question, this work is based on an empirical normative search methodology, aiming the development of strategies and actions that improve the situation through an optimization model. The results confirm that, regardless of the origin configuration of the açai, the storage points found for the optimal flow were the same.

Key words: Hub-and-spoke model, Reverse Logistics, Açai.



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Variação de cenários para pontos de origem .....	30
Tabela 2 – Lista de candidatos a <i>hub</i> .....	31
Tabela 3 – Resultado cenário 1 .....	32
Tabela 4 - Resultado cenário 2 .....	32
Tabela 5 - Resultado cenário 3 .....	33
Tabela 6 - Resultado cenário 4 .....	33



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fluxo da Cadeia Produtiva do Açaí .....	12
Figura 2: Distância entre Belém, Castanhal e São Miguel do Guamá .....	13
Figura 3: Representação dos processos logísticos direto e reverso .....	19
Figura 4: Atividades típicas do processo logístico reverso .....	19
Figura 5: Roda da logística verde .....	21
Figura 6: Representação esquemática da atribuição de múltiplos spokes .....	23
Figura 7: Representação esquemática da atribuição de um único spoke .....	24
Figura 8: Esquemas de Rede Hub-and-Spoke .....	27
Figura 9: Distância entre hubs e ponto destino .....	34
Figura 10: Representação esquemática do fluxo ótimo encontrado .....	34



## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	11
1.1 Problemas de Pesquisa .....	14
1.3 Objetivos .....	14
1.3.1 Objetivos Gerais .....	14
1.3.2 Objetivos Específicos .....	15
1.4. Justificativa .....	15
1.5 Estruturas do Trabalho .....	16
2. REVISÃO DA LITERATURA .....	17
2.1 Logística Reversa .....	17
2.2 Trabalhos Anteriores .....	20
2.3 Logística Reversa Verde .....	20
2.4 Problemas de Localização .....	22
2.5 Modelo de $p$ – medianas .....	23
2.6 Hub-and-Spoke .....	26
3. Metodologia de Pesquisa .....	28
4. Experimentos Computacionais .....	29
4.1 Experimentos com dados ilustrativos .....	29
4.1.1 Análise de dados .....	30
5. Conclusão .....	36
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	38



## 1. INTRODUÇÃO

Em um mercado cada vez mais competitivo, tem se observado uma preocupação com o desenvolvimento econômico, social e ambiental das nações. No intuito de contribuir para a melhoria das condições de vida dos indivíduos e questões ambientais emergentes, estudos organizacionais no campo de logística reversa vêm sendo desenvolvidos. Decorrente disso, as ações de logística reversa têm ganhado espaço entre as empresas e os adeptos do uso racional de matéria-prima e de demais recursos que passam por processos de reaproveitamento.

Nesse âmbito, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) estabelece em seu capítulo III, seção II, Art 33, a obrigatoriedade por parte de pessoas físicas ou jurídicas, de direito público ou privado, responsáveis direta ou indiretamente, pela geração de resíduos sólidos, de implementar e estruturar sistemas de logística reversa (LR) afim de dar uma disposição final ambientalmente adequada aos rejeitos.

Para Fonseca et al. (2015), passados muitos anos da instituição da Lei, o volume de publicações nacionais sobre Logística Reversa no contexto da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) ainda é tímido e não acompanha as demandas por estruturação de cadeias reversas capazes de destinar adequadamente os resíduos produzidos. Portanto, é de grande relevância compreender os elementos que favorecem a estruturação de uma cadeia reversa voltada à destinação de resíduos sólidos, verificando adequação às diretrizes de PNRS.

De acordo com a Embrapa (2006), a cadeia produtiva do açaí pode ser caracterizada nas seguintes etapas: plantio, extração, processamento e comercialização. Após o processamento, ocorre a fase de beneficiamento do



açai. Nessa fase, o caroço é lavado, separado e pode se tornar insumo em diversas indústrias, como por exemplo, na geração de bioenergia em olarias, onde o caroço é utilizado como fonte de biomassa para geração de energia através da gaseificação.

A Figura 1 representa o fluxo detalhado da cadeia produtiva do açai, as etapas do processo de beneficiamento e as possíveis utilizações do insumo para indústrias.

Figura 1: Fluxo da Cadeia Produtiva do Açai



Fonte: Melo (2017)

Devido ao grande volume da produção de açai no Estado do Pará, as olarias de São Miguel do Guamá têm utilizado o caroço do fruto como principal fonte de energia. Segundo Pará (2016), em 2014 a produção de açai no estado movimentou um bilhão de reais, beneficiando todos os envolvidos da cadeia que se aproveitam de alguma forma do fruto. Diante dessa realidade, a possibilidade de gerar novos produtos do açazeiro é fundamental para que não

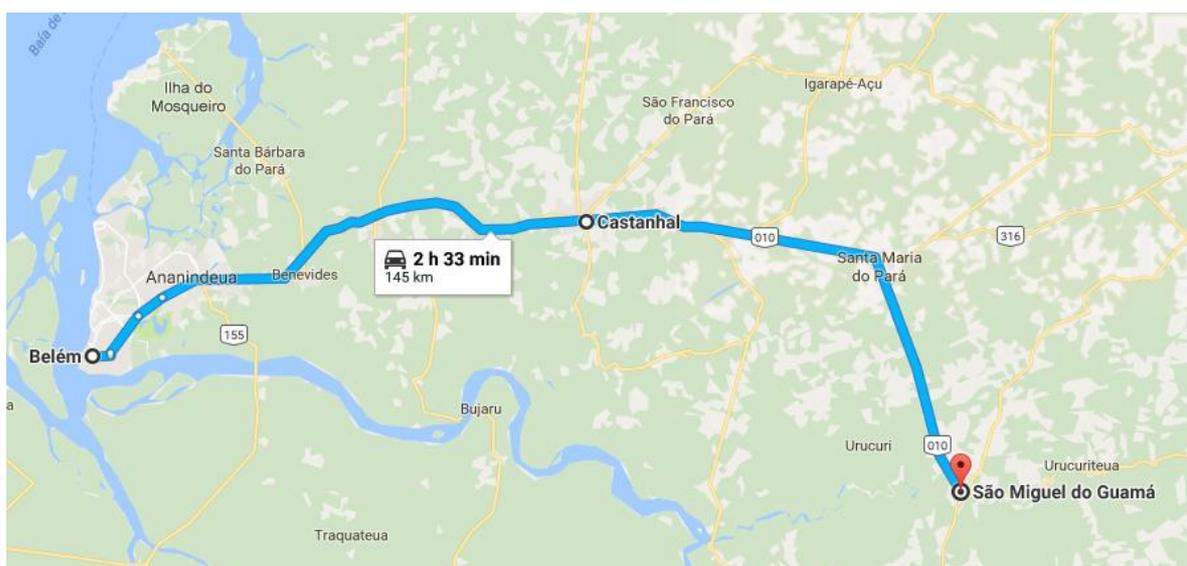


se restrinja a venda da polpa apenas como uma commodity e ainda assim, agregue valor à cadeia produtiva.

De acordo com Moriconi et al., (2016), o processo de beneficiamento do caroço de açaí se inicia com a coleta dos caroços úmidos nos “batedores”, também conhecidos como produtores de polpa de açaí da Grande Belém. Essa coleta é feita por um caminhão terceirizado que realiza o processo de entrega desses resíduos. No processo de secagem, é utilizado um secador industrial fabricado especialmente para caroços de açaí. Estes resíduos são transportados ao início do secador onde é feita a separação entre resíduos e rejeitos. Os caroços reaproveitados são agregados ainda durante o armazenamento pós- processamento da produção de polpa e após essa etapa, os caroços são submetidos a altas temperaturas, no intuito de reduzir a umidade para que aconteça a combustão e utilização da biomassa.

A Figura 2 representa a distância e o caminho que os caroços percorrem desde a coleta nos “batedores” nas cidades de Belém e Castanhal, até chegarem às Olarias, em São Miguel do Guamá.

Figura 2: Distância entre Belém, Castanhal e São Miguel do Guamá



Fonte: Google Maps (2018)



## 1.1 Problema de Pesquisa

A logística reversa para resíduos sólidos tem se destacado, por simplificarmente se definir, segundo a PNRS como:

Um instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada (BRASIL, 2010).

Nesse contexto, o presente trabalho busca estruturar uma rede de LR utilizando um modelo para projeto de redes do tipo *hub-and-spoke* para planejar o transporte do caroço de açaí, proveniente da produção do alimento na cidade de Belém do Pará e Castanhal (PA) para aproveitamento como fonte energética pelas olarias de São Miguel do Guamá (PA).

## 1.3 Objetivos

### 1.3.1 Objetivos Gerais

Este trabalho tem como objetivo principal elaborar uma rede de LR, utilizando um modelo para projeto de redes do tipo *hub-and-spoke* para aproveitamento do caroço do açaí pelas olarias de São Miguel do Guamá (PA) que são abastecidas a partir de Belém do Pará e Castanhal (PA). Este modelo, baseado em técnicas de pesquisa operacional, deverá servir como ferramenta para tomada de decisão.

Busca-se otimizar a distribuição de em média, 460 toneladas diárias de rejeitos gerados por Belém do Pará (PA) e Castanhal (PA), estimar os pontos de coleta a serem instalados na cadeia logística reversa do açaí, suas



capacidades e as melhores localizações no intuito de abastecer as olarias de São Miguel do Guamá (PA) e minimizar o custo de transporte.

### 1.3.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar e mapear o canal logístico reverso do caroço do açaí e seu uso como biomassa nas olarias de São Miguel do Guamá, com abastecimento a partir de Belém e Castanhal.
- Adaptar um modelo hub-and-spoke para estruturar os canais reversos de Belém e Castanhal até São Miguel do Guamá.
- Realizar testes com instâncias realistas para mostrar a aplicabilidade do modelo.

### 1.4. Justificativa

Nos termos da PNRS, a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida se define como:

“Conjunto de atribuições individualizadas e encadeadas dos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, dos consumidores e dos titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos, para minimizar o volume de resíduos sólidos e rejeitos gerados, bem como para reduzir os impactos causados à saúde humana e à qualidade ambiental decorrente do ciclo de vida dos produtos.”  
(Brasil, 2010).

No cenário da produção do açaí na região metropolitana do Pará, essa responsabilidade não deve ser diferente. Decorrente da grande demanda pela polpa do açaí na região, o volume diário de resíduos chega a ser de 460 toneladas abrangendo a área de Belém do Pará e Castanhal. Esse grande volume de rejeitos se dá pelo fato de somente 15% de todo o açaí, a polpa, ser



utilizada para consumo alimentar e produtos derivados e os outros 85% restantes, serem considerados como rejeitos.

Devido à grande importância da logística reversa aliada à sustentabilidade no universo acadêmico e corporativo, o presente tema foi escolhido. Com isso, o trabalho tem por intuito conhecer o volume, disponibilidade e destinação dos resíduos advindo da agroindústria da polpa de açaí no Município de Castanhal e Belém do Pará, e com isso estruturar uma rede logística reversa viável para destinação dos resíduos às olarias de São Miguel do Guamá.

Do ponto de vista matemático, o modelo consiste na estruturação de transporte centralizado dos caroços de açaí até às olarias de São Miguel do Guamá. O problema de localização de *hubs* visa encontrar pontos de concentração de fluxos numa rede, de modo que a soma das ligações compartilhadas entre os pontos da rede seja minimizada.

## 1.5 Estrutura do Trabalho

O presente trabalho está dividido da seguinte maneira: A revisão bibliográfica apresentada no capítulo 2 aborda tanto a definição de logística reversa, quanto à de logística direta. Além disso, enfatiza os trabalhos na literatura relacionados ao aproveitamento de resíduos sólidos, logística verde e a aplicação do modelo de  $p$  – medianas *hub-and-spoke*, que é o modelo base utilizado para este trabalho. O capítulo 3 apresenta a metodologia utilizada para o desenvolvimento. O capítulo 4 é dedicado às etapas de adaptação e extensão do modelo de Hekmatfar e Pishvaei (2009) e experimentos computacionais. Primeiramente o problema é reformulado considerando apenas um ponto de origem do bagaço de açaí, posteriormente aumenta-se os pontos de origem até quatro bairros selecionados. Em seguida, são feitas análises com os resultados apresentados para os candidatos a pontos de armazenagem do bagaço de açaí em quatro cenários diferentes. Também são feitas análises de fatores externos que influenciam a configuração de rede logística encontrada como por exemplo a condição das rodovias que viabilizam



o ponto de origem até o destino do bagaço nas olarias de São Miguel do Guamá. Por fim, o Capítulo 6 encerra o trabalho, com as conclusões e perspectivas para trabalhos futuros.

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

Nesse capítulo contempla-se a justificativa teórica relevante para o estudo do modelo de redes do tipo *hub-and-spoke* aplicado ao processo de logística reversa do açaí. Iniciando com a abordagem das definições de Logística Reversa segundo Leite, dando sequência com enfoque em trabalhos anteriores e posteriormente exemplificando a aplicação do modelo de redes do tipo *hub-and-spoke*.

### 2.1 Logística Reversa

O conceito de logística reversa assim como a preocupação em promover ações para a gestão de resíduos sólidos é relativamente recente e estudos sobre o tema vêm sendo desenvolvidos no Brasil nos últimos anos. Leite (2009) aborda o conceito de logística reversa como a área da logística empresarial que planeja, opera e controla o fluxo e as informações logísticas correspondentes, do retorno dos bens de pós-venda e de pós - consumo ao seu destino final. O processo acontece através dos canais de distribuição reversos, agregando-lhes valores de diversas naturezas: econômico, de prestação de serviços, ecológico, legal, logístico e até de imagem corporativa.

O conceito de logística reversa vem sofrendo modificações evolutivas conforme as seguintes referências apresentadas por Leite (2003):

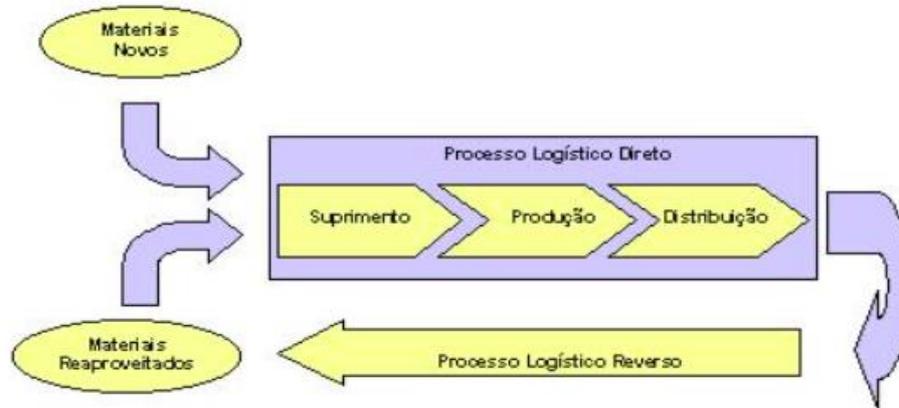
- Em *Council of Logistics Management*, CLM (1993), a logística reversa é definida como um amplo termo relacionado às habilidades e atividades envolvidas no gerenciamento de redução, movimentação e disposição de produtos e embalagens;



- Em Stock (1998, p 20) encontra-se a definição de LR em uma perspectiva de logística de negócios, no retorno de produtos, redução na fonte, reciclagem, substituição de materiais, reuso de materiais, disposição de resíduos, reforma, reparação e remanufatura.
- Em Rogers e Tibben-Lembke (1999), a LR é definida como “processo de planejamento, implementação e controle da eficiência, do custo efetivo do fluxo de matérias primas, estoques de processo, produtos acabados e as respectivas informações, desde o ponto de consumo até o ponto de origem, com o propósito de recapturar valor ou adequar o seu destino;
- Em Dornier et al. (2000) a logística abrange novas áreas de atuação, incluindo o gerenciamento dos fluxos reversos. Tradicionalmente as empresas incluíam a simples entrada de matérias primas ou o fluxo de saída dos produtos acabados em sua definição de logística. A definição atual se expandiu e engloba maior amplitude de fluxos do que no passado.

De acordo com Lacerda (2002), o processo de LR gera materiais reaproveitados que retornam ao processo tradicional de suprimento, produção e distribuição. Existem variantes com relação ao tipo de reprocessamento que os materiais podem ter dependendo das condições em que estes entram no sistema de logística reversa. Os materiais podem retornar ao fornecedor quando houver acordos neste sentido, podem ser revendidos se ainda estiverem em condições adequadas de comercialização e podem ser reconicionados, desde que haja recuperação. Todas as alternativas geram materiais reaproveitados, que entram de novo no sistema logístico direto, conforme a Figura 3.

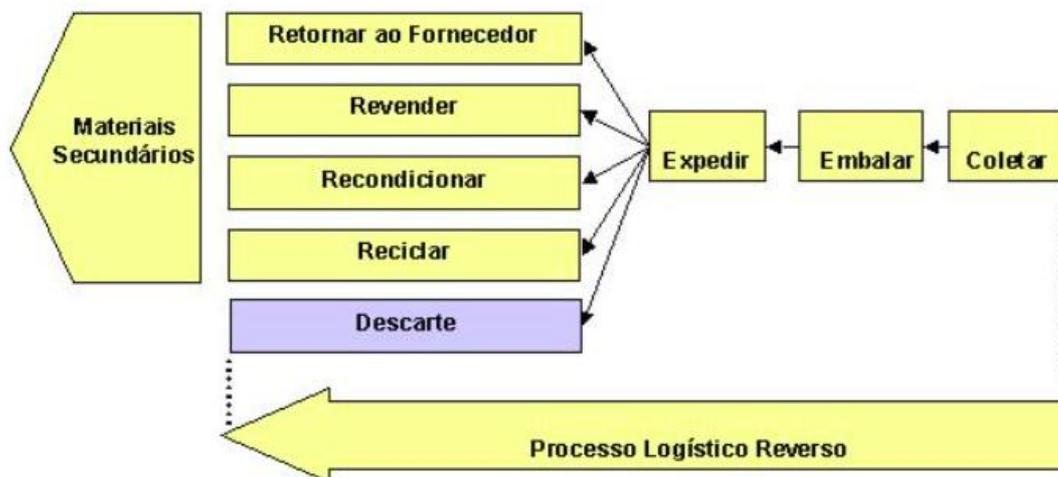
Figura 3: Representação dos processos logísticos direto e reverso



Fonte: Lacerda (2002)

O processo de logística reversa geralmente é composto por um conjunto de atividades que uma empresa realiza para coletar, separar, embalar e expedir itens usados, danificados ou obsoletos dos pontos de consumo até os locais de reprocessamento, revenda ou descarte. Em último caso, o destino pode ser o seu descarte final, conforme a Figura 4.

Figura 4: Atividades típicas do processo logístico reverso



Fonte: Lacerda (2002)

Para Andrade (2013) diversas são as dificuldades em relação à implementação da LR, comparando-a com a cadeia direta. Dentre elas estão:



os recebimentos de materiais variados, a operação de coleta e as irregularidades do retorno. Assim, considera-se um grande desafio o retorno dos produtos ao local em que devem ser reciclados ou ter uma disposição final adequada.

## **2.2 Trabalhos Anteriores**

Diversos são os trabalhos na literatura relacionados a logística reversa aliada ao aproveitamento de resíduos sólidos. Lavez, Souza e Leite (2011), por exemplo, realizaram um estudo de caso sobre o reaproveitamento de computadores em uma amostra de empresas operando no Estado de São Paulo. Foi realizada uma survey, na qual 3 empresas foram entrevistadas no intuito de identificar a relação entre a logística reversa e a eficiência no reaproveitamento dos computadores por parte de todos os elos envolvidos na cadeia.

Os resultados mostraram que o gerenciamento de suprimentos varia de acordo com a posição da empresa na cadeia. No caso dos fabricantes, o enfoque principal na empresa concentra-se na obediência às normas ambientais em relação aos componentes tóxicos e o reaproveitamento dos mesmos de forma sustentável. Para as empresas recicladoras, o enfoque é dado principalmente sobre os preços de compra dos materiais e as condições físicas que eles se encontram. Por fim, a pesquisa permite observar a necessidade da existência de uma parceria entre os elos da cadeia reversa já que o direcionador estratégico principal é reciclar os produtos, evitando a ida para mercados paralelos e respeitando as normas ambientais.

## **2.3 Logística Reversa Verde**

A LR sempre se caracterizou por ser um instrumento de

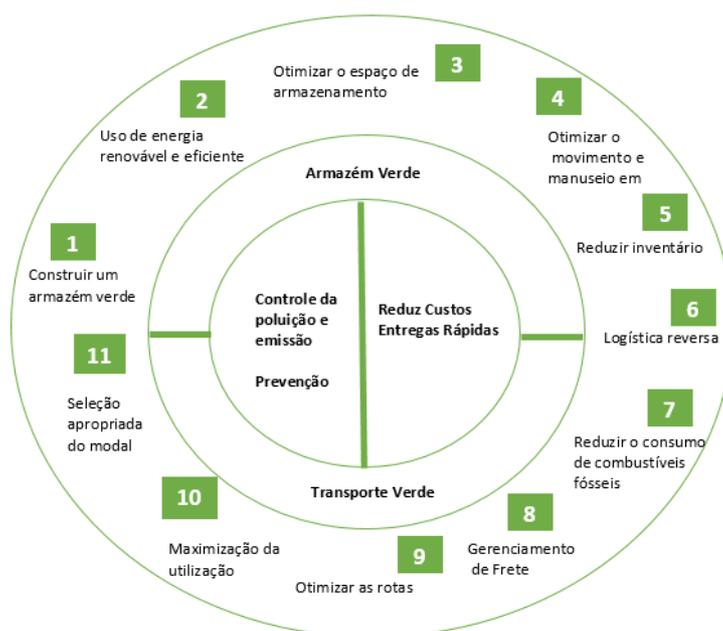


desenvolvimento social responsável por procedimentos e meios que têm o intuito de viabilizar a coleta dos resíduos sólidos. Entretanto, a preocupação por parte da sociedade em relação a coleta de resíduos e a degradação do meio ambiente impulsionaram o surgimento da logística verde. Para Donato (2008, p.16) a logística verde se difere da LR, pois enquanto a última trata do retorno dos materiais ao processo produtivo, a primeira traz um ganho ambiental que tem como finalidade o desenvolvimento sustentável.

Para Quiumento (2011), a logística verde abrange o planejamento da produção, a gestão de materiais e sua distribuição física, contribuindo para a criação de estratégias ambientalmente amigáveis ao longo de cadeias de suprimentos. Nesse contexto, a logística verde tem como finalidade não só reduzir o impacto ambiental causado pela distribuição dos produtos como também tem foco na poluição e redução de embalagens.

Emmet e Sood (2010) destacam na chamada “roda da logística verde” as ações da logística que têm o princípio de reduzir resíduos, aumentando eficiências como mostra a Figura 5.

Figura 5: Roda da logística verde



Fonte: Adaptado de Emmet e Sood (210, p13)



Para Emmet e Sood (2010), o gerenciamento eficaz da logística verde pode reduzir os custos de produção, promover a reciclagem e também a reutilização da matéria-prima. Conseqüentemente, os custos operacionais relevantes são reduzidos, enquanto a capacidade de utilizar recursos é melhorada.

## 2.4 Problemas de Localização

Os modelos de localização têm sido foco de vários estudos, recebendo a cada dia um novo enfoque ou abordagem diferente. O foco do estudo, decorre do grande impacto e importância que as decisões de localização têm sobre os custos logísticos. Para Drenzer (1995), problemas de localização tratam de decisões sobre onde instalar facilidades, de modo que clientes sejam atendidos por meio da otimização de algum critério.

Segundo Drezner e Hamacher (2002), as decisões de localização geraram grande interesse para a comunidade de pesquisa operacional, por apresentarem as seguintes características:

- As decisões de localização são frequentemente realizadas em todos os níveis de organização humana, desde indivíduos até empresas, públicas ou privadas e agências internacionais;
- As decisões de localização são geralmente de caráter estratégico, o que envolve grandes recursos de capital, e seus efeitos na economia são de longo prazo. Na área privada, foco do trabalho, implica a habilidade da empresa de competir no mercado; essas decisões implicam fatores econômicos como poluição, congestionamentos, desenvolvimento econômico, entre outros;
- Os problemas de localização são geralmente difíceis de serem resolvidos, pelo menos de maneira ótima. Mesmo os modelos mais simples apresentam dificuldades quando o número de variáveis



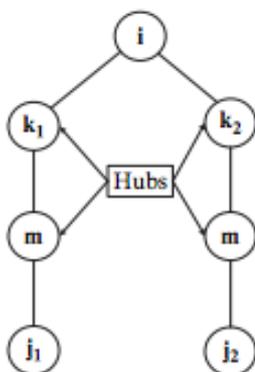
crece muito;

- Os problemas de localização são específicos, ou seja, são formulados para um problema determinado. Não existe um modelo geral apropriado para todos os casos potenciais ou existentes.

## 2.5 Modelo de $p$ – medianas

Para Daskin (1995) os modelos de  $p$  – medianas objetivam minimizar a soma dos custos de distribuição entre as instalações e os pontos de demanda, dado um determinado número de instalações a serem localizadas. Os custos, em geral, são dados por uma função da distância entre o supridor e o ponto da demanda. Nesses modelos, a instalação pode possuir uma capacidade máxima de atendimento ou não. Para o primeiro caso, pode-se ter mais de uma instalação para atender a um ponto de demanda como mostra a Figura 6. No segundo caso, quando não há limitação na capacidade, um ponto de demanda acaba sendo atendido por apenas uma instalação, como mostra a Figura 6.

Figura 6: Representação esquemática da atribuição de múltiplos spokes



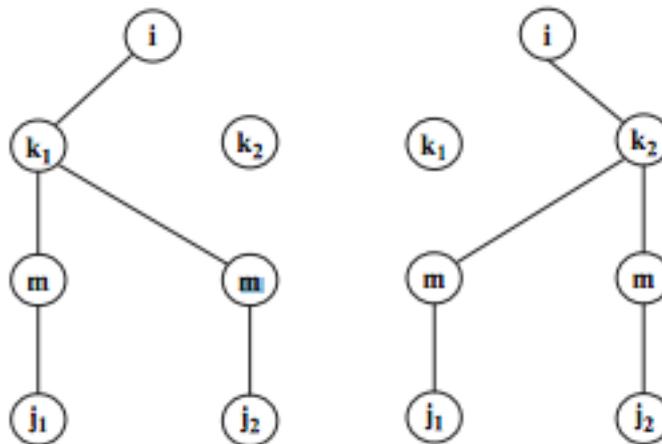
Fonte: Hekmatfar and Pishvaei. Hub Location Problem (2009)



A ilustração da Figura 6 representa um exemplo de uma rede do tipo *hub-and-spoke*, em que os nós  $k$  e  $m$  representam os terminais para consolidação de carga “*hubs*” e os nós  $i$  e  $j$  aqueles que são atendidos através dos terminais “*spokes*”. Na figura, dois fluxos de origem-destino são mostrados: origem  $i$  para destino  $j_1$  e origem  $i$  para o destino  $j_2$ ; a origem  $i$  é atribuída a dois hubs diferentes:  $k_1$ ;  $k_2$ .

Em muitos casos, é desejável por razões operacionais ter cada um dos raios nós atribuídos a um único *hub*. Isso pode resultar em uma das atribuições mostradas na Figura 7. Nesse caso, a origem  $i$  é atribuída a um único hub:  $k_1$  para o primeiro fluxo e  $k_2$  para o segundo.

Figura 7: Representação esquemática da atribuição de um único *spoke*



Fonte: Masoud Hekmatfar and Mirsaman Pishvae. Hub Location Problem (2009)

A formulação do modelo matemático baseada nos conceitos de Hekmatfar e Pishvae segue o seguinte formato:

**Conjuntos:**

- / Origens do bagaço de açaí



$K$  Candidatos a *hub* (depósitos)

$J$  Olarias

Parâmetros

$C$  Unidade de custo entre a viagem  $i$  e  $j$

$H$  Demanda entre os pontos  $i$  e  $j$

$P$  Número de hubs a serem abertos

### Variáveis:

$X$  Indica 1 se caso o *hub* for aberto no local  $k$ , 0 caso contrário

$Z$  Indica o fluxo de  $i$  para  $j$  usando hubs para os candidatos  $k$  e  $m$

$$\text{Min } \sum_i \sum_j \sum_k \sum_m C_{ij}^{km} h_{ij} Z_{ij}^{km} \quad (1.1)$$

$$\sum_k x_k = P \quad (1.2)$$

$$\sum_k \sum_m Z_{ij}^{km} = 1 \forall i, j, \quad (1.3)$$

$$Z_{ij}^{km} \leq x_m \quad \forall i, j, k, m, \quad (1.4)$$

$$Z_{ij}^{km} \leq x_k \quad \forall i, j, k, m, \quad (1.5)$$

$$Z_{ij}^{km} \geq 0 \quad \forall i, j, k, m, \quad (1.6)$$

$$X_k = 0, 1 \forall k. \quad (1.7)$$

A equação 1.1 minimiza o custo total de viagem ponderado pela demanda. Já a equação (1.2), estabelece que exatamente os  $P$  - *hubs* devem ser localizados. Em (1.3), tem-se a assertividade de que cada origem – destino ( $i, j$ ) deve ser atribuído a exatamente um par *hub*. As equações (1.4) e (1.5) estipulam que o fluxo da origem  $i$  para o destino  $j$  não pode ser atribuído a um *hub* no local  $k$  ou  $m$ , a menos que um *hub* esteja localizado nesses nós



candidatos. Quando se transporta de um nó para outro, através de um nó de *hub*,  $m$  e  $k$  coincidem entre si. As equações (1.6) e (1.7) correspondem à restrição de integralidade padrão e restrição de variável de decisão relaxada, respectivamente.

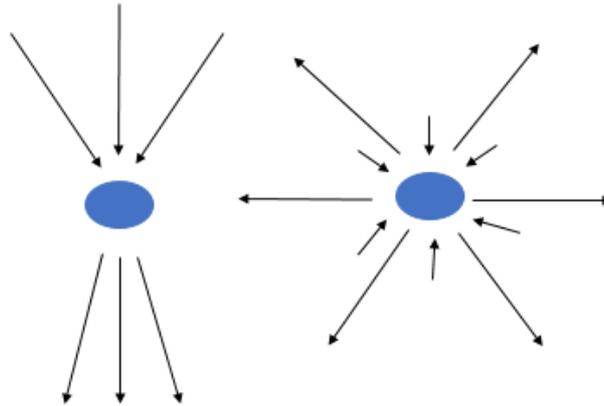
## 2.6 Hub-and-Spoke

O termo *hub-and-spoke* é utilizado para descrever a maneira com que uma rede de transporte está desenhada de modo a satisfazer a demanda e otimizar um ou mais critérios. De acordo com Aykin (1995), sistemas do tipo *hub-and-spoke* passaram a ser muito utilizados no transporte aéreo dos Estados Unidos, principalmente com o ato de Desregulamentação do Transporte Aéreo de 1978, que permitiu às companhias aéreas escolherem as rotas que quisessem ofertar e as respectivas tarifas que iriam praticar. Doganis (2002) enfatiza que no processo de pós liberação, o aeroporto do tipo *hub* se caracterizava pelo grande número de voos e dimensão. Já os aeroportos *spokes*, se caracterizavam por aqueles de menor dimensão. Basicamente, uma companhia aérea que opera no sistema *hub-and-spoke* oferece vôos entre aeroportos *hub* entre si e aeroportos que operam como *spokes*.

Dogannis e Dennis (1989) identificaram dois modelos de sistemas de *hub-and-spoke* para a estrutura de rotas aéreas: as redes “ampulhetas” e “hinterlândia”. Para um *hub* ampulheta, os voos são originados de uma região distante, consolidados no *hub* e diversificados em regiões opostas como mostra a Figura 8. No *hub* “hinterlândia”, mostrado a direita da figura, são operados os voos de curta distância, utilizando os aeroportos *spokes*, que servirão de alimentadores para o *hub* que com isso, irá oferecer conexões para novas rotas.



Figura 8: Esquemas de Rede *Hub-and-Spoke*



Fonte: Adaptado de Dogannis e Dennis (1989)

Dogannis e Dennis (1989) enfatiza que o modelo tipo “ampulheta” tende a utilizar aeronaves de capacidades similares enquanto na “hinterlândia”, são usadas aeronaves menores para operar nas ligações entre os aeroportos *spokes* e o *hub*.

Para Gillen e Morrison (2005), para uma rede de *hub-and-spokes* de  $n$  nós, ou pontos de origem e destino, seriam necessárias somente  $(n-1)$  ligações para conectar todos os pontos em rede. Nesse cenário, quando o número de ligações da rede cresce em proporção ao número de origens e destinos, diz-se que elas são de ordem  $n$ . Em uma rede ponto a ponto, para a conexão de cada nó, a cada um dos outros nós seriam necessárias  $n(n-1)$  ligações, uma malha com um número de ligações proporcional ao quadrado do número de origens e destinos.

Contreras e Fernandez (2011) consideram que problemas de localização de hubs podem ser entendidos como problemas de projeto ou desenho de redes de fluxo, que são modelados, em geral, por uma variante do modelo da  $p$  – medianas.



### 3. METODOLOGIA DE PESQUISA

Pretende-se usar a pesquisa empírica normativa quantitativa, que, de acordo com Morabito e Pureza (2012), visa ao desenvolvimento de políticas, estratégias e ações que melhorem a situação corrente. Baseia-se em modelos que prescrevem uma decisão para o problema, podendo ser baseada em modelos de otimização. Esse tipo de pesquisa tem a preocupação principal de assegurar que exista adesão entre as observações e ações na realidade e o modelo elaborado daquela realidade.

Quando se trata de uma pesquisa empírica, o problema pode ser desenvolvido seguindo as seguintes etapas de Morabito e Pureza (2012):

- **Conceituação do sistema:** Além da definição do modelo, nessa etapa é necessário identificar premissas do sistema real que se encaixam a uma área de pesquisa ou modelo conceitual descrito na literatura científica. Nessa fase, são utilizadas como principais fontes de informação artigos e monografias provenientes de estudos realizados na Universidade Federal do Pará, como por exemplo, o artigo do XXIII SIMPEP: “Melhoria de Serviços logísticos em uma beneficiadora de caroços de açaí com fins energéticos: Uma proposta baseada em componentes logísticos e ferramentas da qualidade”(MORICONI, N.; BARBOSA, R.; MELO, A.; MARTINS, V; 2016) . Outro material de apoio utilizado, é o trabalho de conclusão de curso “Melhoria de serviços logísticos em uma empresa de beneficiamento de caroços de açaí com fins energéticos: Uma proposta baseada em componentes logísticos e ferramentas da qualidade" (MORICONI, N.; BARBOSA, R.; MELO, A.; MARTINS, V;2016).
- **Modelagem do sistema:** São empregadas as informações coletadas na primeira fase, para a construção e avaliação do modelo matemático do problema. Também é comum nessa fase a realização de análise e experimentos preliminares, com o objetivo de verificar e validar o modelo ao sistema real. O



modelo base escolhido para a realização do trabalho é o *P – hub medianas* (*p-hub median location model*), que possibilita o projeto de redes logísticas com múltiplos hubs (HECKMATFAR e PISHVAEE, 2009).

- **Validação do sistema:** É a fase em que acontece a experimentação do modelo. São realizados testes computacionais com os dados reais, além do estudo de possíveis cenários. Nos cenários alternativos, alguns parâmetros podem ser variados, a fim de se avaliar efeitos relacionados à análise de sensibilidade ou a mudanças de processos ou políticas de gestão do sistema real.
- **Implementação do sistema:** Consiste na implementação dos resultados obtidos na fase de validação do sistema real estudado, para que seja possível tomar decisões a partir da eficácia dos resultados obtidos. A implementação pode ocorrer em etapas, isto é, um subsistema piloto é selecionado para a fase de implementação, e assim que seus resultados sejam aceitáveis, a pesquisa é implementada em todo o processo.

#### 4. EXPERIMENTOS COMPUTACIONAIS

O modelo proposto nesse trabalho, assim como o modelo proposto por Hekmatfar e Pishvae (2009) foi implementado na linguagem de modelagem AMPL e os testes foram realizados no *software* de otimização GLPK 4.8.

##### 4.1 Experimentos com dados ilustrativos

Para se testar o modelo de redes *hub-and-spoke* proposto por Hekmatfar e Pishvae (2009) foi utilizado o cenário de canais reversos da produção de polpa do açaí no estado do Pará. Contou-se com um material de artigos e monografias provenientes da Universidade Estadual do Pará (UEPA) que contribuíram com estudos e dados para a definição do cenário a ser estudado. Foi utilizado um exemplo ilustrativo de  $|I| = 1, 2, 3$  e 4 para a definição



das origens do bagaço de açaí no estado e  $k=28$  para a definição de candidatos a *hub*.

#### 4.1.1 Análise de dados

Para a escolha dos pontos de origem, selecionaram-se bairros provenientes da produção da poupa do açaí nas cidades de Belém do Pará e Castanhal, como mostrado na Tabela 1. Os pontos de origem do bagaço foram selecionados com base nas informações conceituais secundárias provenientes da Universidade Estadual do Pará que os caracteriza como principais produtores da polpa na região

Tabela 1 - Variação de cenários para pontos de origem

Origem	Cenário I	Cenário II	Cenário III	Cenário IV
Bairros de origem do bagaço de açaí	Água Boa	Água Boa Águas Lindas	Água Boa Águas Lindas Jardelândia	Água Boa Águas Lindas Jardelândia Caiçara

Fonte: A autora

Para candidatos a “*hub*” ou pontos de armazenagem do bagaço de açaí, selecionaram-se quatorze bairros da cidade de Belém do Pará e quatorze da cidade de Castanhal, como mostrado na Tabela 2.



Tabela 2 – Lista de candidatos a *hub*

Bairros Belém do Pará	Bairros Castanhal
Água Boa	Jardelândia
Águas Lindas	Caiçara
Barreiro	Saudade I
Batista Campos	Nova Olinda
Cabanagem	Pirapora
Campina	Santa Lídia
Mangueirão	Ianetama
Marambaia	Vila Apeú
Pratinha	Fonte Boa
Pedreira	Cristo Redentor
Fátima	Estrela
Nazaré	Titanlândia
Sacramenta	São José
Marco	Salgadinho

Fonte: A autora

Os vinte e oito *hubs* selecionados são possíveis candidatos a pontos de armazenagens do bagaço de açaí. Assim como centros de distribuição, os *hubs* referem-se à obtenção temporária do bagaço de açaí até a distribuição final dos mesmos. De acordo com Ballou (2010), armazéns ou centros de distribuição são cruciais para aumentar a eficiência da movimentação de mercadorias.

Os *hubs* selecionados para a armazenagem têm como principal função armazenar o bagaço de açaí, possibilitando a agregação de carga, para futuro transporte até o seu destino final, que são as Olarias de São Miguel do Guamá, onde são utilizados como fonte de biomassa para geração de energia térmica.



#### 4.1.2 Resultados Computacionais

Com o intuito de minimizar a soma dos custos de distribuição entre instalações e ponto de demanda, os resultados mostraram que para o cenário 1, considerando somente um ponto de origem do bagaço de açaí, o custo para atender o fluxo é de 208,7 unidade de custo (uc). Na Tabela 3, mostra-se a rede ótima encontrada para definir o fluxo reverso de açaí nesse cenário.

Tabela 3 – Resultado cenário 1

Origem do bagaço	<i>Hub</i> selecionado	Destino
Água Boa	Águas Lindas Vila Apeú	São Miguel do Guamá

Fonte: A autora

No cenário onde dois bairros são selecionados como pontos de origem do bagaço de açaí, o custo de fluxo é 396,4 uc, como mostrado na Tabela 4.

Tabela 4 - Resultado cenário 2

Origem do bagaço	<i>Hub</i> selecionado	Destino
Água Boa Águas Lindas	Águas Lindas Vila Apeú	São Miguel do Guamá

Fonte: A autora

Para os três bairros selecionados como pontos de origem do bagaço, o custo de fluxo foi de 521,7 uc. Na Tabela 5, mostra-se a rede ótima encontrada para esse cenário.



Tabela 5 - Resultado cenário 3

Origem do bagaço	Hub selecionado	Destino
Água Boa Águas Lindas Jardelândia	Águas Lindas Vila Apeú	São Miguel do Guamá

Fonte: A autora

Selecionando 4 bairros para pontos de origem do bagaço de açai encontrou-se o custo de 648,6uc. A tabela 6 mostra a rede ideal encontrada para esse fluxo.

Tabela 6 - Resultado cenário 4

Origem do bagaço	Hub selecionado	Destino
Água Boa Águas Lindas Jardelândia Caiçara	Águas Lindas Vila Apeú	São Miguel do Guamá

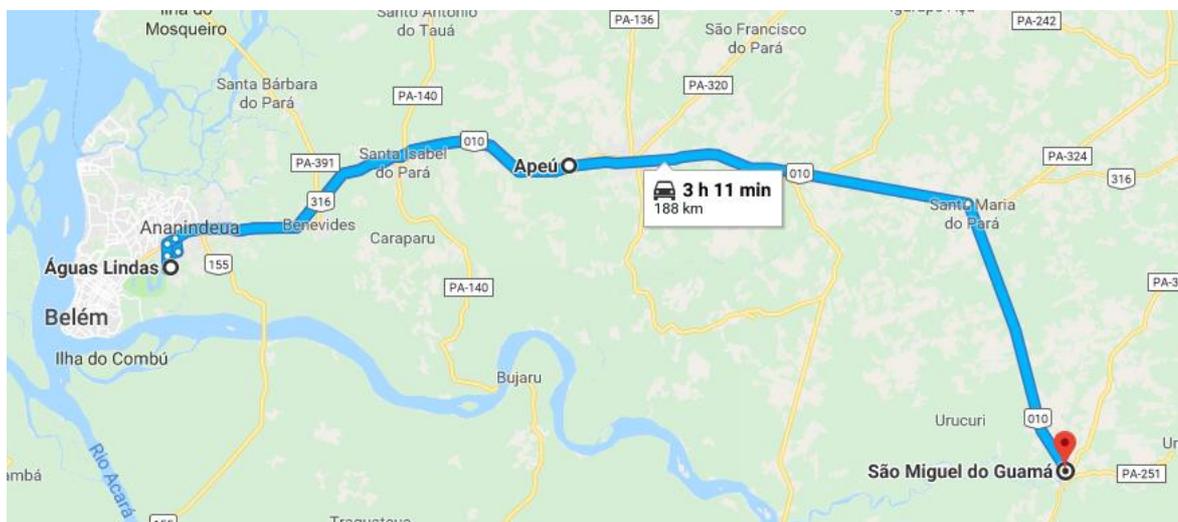
Fonte: A autora

Independente da variação de pontos de origem, os *hubs* selecionados para atender a demanda diária de 460 toneladas de rejeitos foram Águas Lindas, na cidade de Belém do Pará e Vila Apeú, na cidade de Castanhal. Os *hubs* selecionados são localizados em pontos estratégicos para a distribuição final do bagaço até São Miguel do Guamá, como mostrado na Figura 9.

Como existem pontos de origem tanto na cidade de Belém do Pará e em Castanhal, os *hubs* selecionados para armazenagem conseguem atender todos os cenários, independente da seleção de origem, exatamente por conta da localização de um ponto ser em Castanhal e o outro em Belém do Pará. Na configuração de redes *hub-and-spoke*, o fluxo ótimo encontrado pode ser representado conforme mostrado na Figura 10.

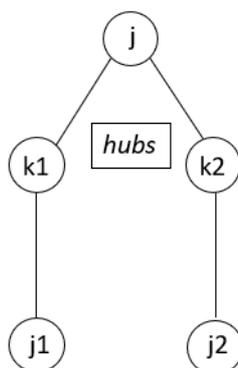


Figura 9: Distância entre *hubs* e ponto destino



Fonte: Google Maps (2018)

Figura 10: Representação esquemática do fluxo ótimo encontrado



Fonte: A autora

A ilustração da Figura 10 representa o fluxo ótimo encontrado em que os nós  $k1$  e  $k2$  representam os terminais para consolidação de cargas “*hubs*” e os nós  $i$  e  $j$  são atendidos por meio dos terminais “*spokes*”. Na figura, o fluxo de origem  $i$  representa os bairros selecionados como pontos de origem da produção do bagaço de açaí. O fluxo  $j1$  e  $j2$  representam os pontos de destino localizados nas olarias de São Miguel do Guamá.



De acordo com a prefeitura de Belém do Pará (2018), o bairro Águas Lindas, localizado na malha viária de Ananindeua (PA) vem sofrendo reformas em várias ruas e avenidas. Soares e Flávio (2017) afirmam que a lama, lixo e a falta de iluminação em algumas ruas do bairro impossibilitam o tráfego rodoviário, o que prejudica a logística de mercadorias das empresas localizadas na região.

Ações de melhoria na infraestrutura de ruas e avenidas se estendem também para Castanhal. De acordo com o diário *online* da Subprefeitura de Apeú (2017), em dezembro de 2017 o bairro recebeu uma série de serviços para a melhoria das condições públicas que inclui não só o pavimento de ruas como também serviços de tubulação e arborização.

Vale ressaltar que as condições de infraestrutura para os bairros selecionados como *hubs* interferem diretamente na rede ótima para o fluxo reverso do açaí. O modelo apresentado leva em consideração apenas a localização desses bairros perante aos pontos de origem e destino do bagaço do açaí, entretanto, as más condições dos “*spokes*” ou caminhos que viabilizam esse transporte podem provocar a quebra de caminhões, congestionamento no trânsito e inviabilizar a eficiência da rede ótima encontrada.



## 5. CONCLUSÃO

A política nacional de resíduos sólidos estabelece, em sua lei 12.305 vigente desde 2010, o incentivo a práticas voltadas à coleta e restituição dos resíduos sólidos de maneira ambientalmente adequada. Nesse contexto, o modelo de redes *hub-and-spoke* teve fundamental importância para a definição de um cenário ótimo no processo de logística reversa do açaí no estado do Pará.

Dentre essas perspectivas, o presente trabalho teve como objetivo estender o modelo de Hekmatfar e Pishvae (2009) para diferentes cenários no que diz respeito ao canal reverso do açaí. Considerou-se a possibilidade de quatro cenários diferentes para os pontos de origem de açaí, assim como a possibilidade de armazenar os bagaços em dois *hubs*.

Foram utilizados dados ilustrativos considerando a possibilidade de vinte e oito *hubs* candidatos a serem pontos de armazenagem do bagaço de açaí. Os pontos de origem do bagaço foram selecionados com base nas informações conceituais secundárias provenientes da Universidade Estadual do Pará que os caracteriza como principais produtores da polpa na região. São Miguel do Guamá foi caracterizado como ponto de destino, onde o bagaço é utilizado como fonte de biomassa nas Olarias.

Nos quatro cenários apresentados, os *hubs* selecionados foram os mesmos. Isso implica que independente da configuração de origem da produção do açaí, os bairros Águas Lindas e Vila Apeú são localizados nos pontos ótimos para a redução dos custos de distribuição entre instalações e ponto de demanda.

A reforma de infraestrutura nos bairros selecionados para a armazenagem do bagaço de açaí até o transporte em São Miguel do Guamá potencializa o poder econômico da região. A pavimentação de ruas e avenidas



proporcionado pelas prefeituras locais, possibilita não só uma melhor gestão da logística reversa do bagaço do açaí como também incentiva pequenos produtores da poupa que ainda não estão inseridos no processo de cadeia reversa, a fazerem parte da cadeia que contribui para a gestão sustentável dos resíduos.

O estudo realizado apresentou limitações no que diz respeito às informações referentes aos critérios de determinação dos custos do transporte de açaí e a frequência diárias dessas viagens. Apesar das limitações, o estudo permitiu encontrar os melhores pontos de coleta e armazenagem do açaí até as olarias de São Miguel do Guamá.

Como propostas de pesquisas futuras a serem realizadas na rede, sugere-se uma pesquisa de dados junto às prefeituras de Belém do Pará e Castanhal, para tornar as análises aplicáveis na prática. Os resultados apresentados podem servir de incentivo para a realização de uma pesquisa de campo envolvendo produtores de polpa individuais, cooperativas e associações.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, S. G. **Entraves e Obstáculos da Logística Reversa de Lâmpadas Mercuriais no Brasil**. 2013. 1 v., 86 f. Tese (Doutorado em Gestão e Regulação dos Serviços Públicos de Saneamento básico) - Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Rio de Janeiro, RJ, 2013. Disponível em: <<http://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/lil-711918>>. Acesso em: 06 de Junho de 2017.

Aykin, T. (1995) **Network policies for hub – and – spoke systems with application to the air transportation system**. Transportation Science, v.29, n.3, p.201-221.

BALLOU, R. H. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos/Logística Empresarial**. São Paulo: Bookman, 2006.

BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Embrapa Amazonia Ocidental. **Sistema de produção do Açaí**. Vol. 4 - 2ª Edição Dez/2016.

BRASIL. Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010). Brasília: Diário Oficial da União, 2010. Disponível em: [https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm). Acesso em 20 de junho de 2017.

CLM (Council of Logistics Management). **Reuse and recycling reverse logistics opportunities**. Illinois, Council of Logistics Management, 1993, apud: Leite, Paulo Roberto. **Logística reversa: meio ambiente e competitividade**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2003.

Contreras, I. e Fernandez, E. (2011). **General network design: A unified view of combined location and network design problems**. European Journal of Operational Research, 219:680–697.

DASKIN, M. S. **Network and discrete location – models, algorithms and applications**. John Wiley & Sons, New York. 1995.

DREZNER R & HAMACHER H. 2002 (Ed.). **Facility location: applications and theory**. Berlin: Verlag publishing

Doganis, R. 2002 **Flying off course**, Routledge, New York; Elamiri, M.



DONATO, V (2008), **Logística Verde**, Brasil, Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna Ltda.

DREZNER, Z. (ed.): **Facility Location: A Survey of Applications and Methods**. Springer-Verlag, New York, 1995.

EMMETT, E.; SOOD, V. **Green Supply Chains: An Action Manifesto**, Willey, UK, 2010

FONSECA, E. C. C.; BARREIROS, E. C. M.; MELO, A. C. S.; NUNES, D. R. L.; CARNEIRO, M. P. **Evolução dos estudos de logística reversa realizados no contexto nacional: uma análise bibliométrica**. Revista Produção Online, v. 15, n. 4, p. 1457-1480, 2015.

GILLEN, David. **The evolution of networks with changes in industry structure and strategy: connectivity, hub-and-spoke and alliances**. **Research in Transportation Economics**, v.13, n.1, p.49-73, 2005.

LACERDA, L. (2002) **Logística Reversa, uma visão sobre os Conceitos Básicos e as Práticas Operacionais**. CEL – Centro de Estudos em Logística, COPPEAD, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. Artigo disponível no site: <<http://www.coppead.ufrj.br/pesquisa/cel/new/fr-rev.htm>>, capturado em 10/02/2005.

LAVEZ, N., SOUZA, V., LEITE, P. **O papel da logística reversa no reaproveitamento do “lixo eletrônico” – Um estudo no setor de computadores**, v. 5, n.1, p.15-32, abr 2011.

LEITE, P. R. **Logística Reversa: Meio Ambiente e Competitividade**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

MASOUD, H ; MIRSAMAN, P. **Hub Location Problem**, chapter 11, pages 243-270. Physica-Verlag Heidelberg, 2009.

MELO, André – **Notas de Aula** da Disciplina Gestão da Cadeia de Suprimentos – Pará: Universidade Estadual do Pará, 17/04/2017

MORABITO, R.; PUREZA, V. **Modelagem e Simulação**. In; MIGUEL, P. A. C. Metodologia de Pesquisa em engenharia de produção e Gestao de Operacoes. Rio de Janeiro: Campus, 2017. Pág 171 – 186



MORICONI, N.; BARBOSA, R.; MELO, A.; MARTINS, V. (2016), **Melhoria de Serviços logísticos em uma beneficiadora de caroços de açaí com fins energéticos: Uma proposta baseada em componentes logísticos e ferramentas da qualidade**. Anais do XXIII Simpósio de Engenharia de Produção, 6-14.

PAMARÁ. SECRETARIA DE ESTADO DE AGRICULTURA. **A importância do açaí no contexto econômico, social e ambiental do estado do Pará: 27<sup>a</sup>** Reunião ordinária da câmara setorial – MAPA. Brasília, DF, 2011.

QUIUMENTO, F. **Logística Verde: Uma nova visão para a Logística com atividade humana integrada ao ambiente**. 2011. Disponível em: <<http://knowledgeispowerquiumento.wordpress.com/article/logistica-verde-2tlel7k7dcy4s-90/>>. Acesso em: 06 de Maio de 2018.

REZA, F.; MASOUD H.; ALIREZA, A.; EHSAN N. **Hub location problems: A review of models, classification, solution techniques and applications**. Computers & Industrial Engineering, 64:1096–1109, 2013.

SOARES, P ; FLÁVIO, L. **Diário Online**(Águas Lindas, Pará) – Setembro,2017. Disponível em <<http://www.diarioonline.com.br/noticias/para/noticia-451064-Aguas-lindas-sofre-com-buraqueira-e-lixo.html>> Acesso em 08 de Maio de 2018.