

1 Introdução

A busca pela auto-suficiência energética é assunto eminente de discussões em conferências internacionais e vem tomando, cada dia mais, caráter de urgência. Atividades cotidianas essenciais como iluminação, calefação, refrigeração, transporte e comunicações empregam energia. A substituição da utilização dos recursos escassos disponíveis alia-se diretamente à política de progresso econômico conciliada à preservação ambiental. O desenvolvimento sustentável, expressão a qual esta política é denominada, tem como elemento essencial as fontes de energia renováveis, ou seja, aquelas obtidas de fontes naturais capazes de se regenerar e, portanto, são virtualmente inesgotáveis e não alteram o equilíbrio do planeta.

Segundo Rostand (2006) e Saraiva e Garcia (2002), os principais tipos de energia renovável são:

- Energia Solar: energia da radiação solar direta, podendo ser aproveitada de diversas formas através da conversão ativa (transformação em energia térmica e elétrica) ou passiva (aproveitamento para aquecimento).
- Energia Eólica: energia cinética das massas de ar derivada dos efeitos das diferenças de pressão atmosférica entre duas regiões distintas, diretamente relacionadas à radiação solar e aos processos de aquecimento das massas de ar. É influenciada por efeitos locais como a orografia e a rugosidade do solo.
- Hidroenergia: energia resultante da transformação da energia potencial de uma massa de água em energia cinética, ao haver um deslocamento a uma cota inferior graças à força gravitacional. Este fluxo é alimentado em ciclo reverso devido à evaporação da água e a precipitação das chuvas nos locais de maior altitude.
- Biomassa: energia química produzida pelas plantas na forma de hidratos de carbono através da fotossíntese - processo que utiliza a radiação solar como fonte energética. A biomassa é distribuída e armazenada nos corpos dos seres vivos graças à cadeia alimentar, onde a base primária são os vegetais. Plantas,

animais e seus derivados são biomassa. Sua utilização como combustível pode ser feita das suas formas primárias ou de derivados. A biomassa sólida tem como fonte os produtos e resíduos da agricultura (incluindo substâncias vegetais e animais), os resíduos das florestas e das indústrias conexas e a fração biodegradável dos resíduos industriais e urbanos. Os biocombustíveis gasosos (biogás) têm origem nos efluentes da agro-indústria, nos efluentes urbanos (lamas das estações de tratamento dos efluentes domésticos) e nos aterros de RSU (Resíduos Sólidos Urbanos). Os biocombustíveis líquidos são o biodiesel, o metanol e o etanol.

O Brasil já demonstrou sua intenção de aprimorar o uso de energias renováveis, diversificar as fontes de geração de energia e estabelecer parcerias no que se refere às energias alternativas. A produção de biodiesel é uma nova oportunidade tecnológica e estratégica na utilização de biomassa, e vem sendo um dos destaques dentre as fontes de combustível alternativas.

De acordo com a definição da legislação brasileira, o biodiesel é um biocombustível derivado de biomassa renovável para uso em motores a combustão interna com ignição por compressão ou, conforme regulamento, para geração de outro tipo de energia, que possa substituir parcial ou totalmente combustíveis de origem fóssil (MCT, 2005).

O principal processo de transformação do biodiesel é a transesterificação, que consiste na reação química de um óleo vegetal com um álcool na presença de um catalisador. Como resultado, obtém-se o éster¹ metílico ou etílico (biodiesel), conforme o álcool utilizado, e a glicerina (Meirelles, 2003).

As matérias-primas para a produção de biodiesel podem ser óleos vegetais, gorduras animais ou óleos e gorduras residuais. Algumas fontes para extração de óleo vegetal são as oleaginosas: baga da mamona, polpa do dendê (palma), amêndoa do coco de babaçu, semente de girassol, caroço de algodão, grão de amendoim, semente de canola, polpa de abacate, grão de soja, nabo forrageiro e muitos outros vegetais em forma de sementes, amêndoas ou polpas. Entre as gorduras animais pode-se citar o sebo bovino e os óleos de peixes. Os óleos e

¹ Na química orgânica, constituem o grupo funcional (R-COOR), que consiste num radical orgânico unido a um ácido oxigenado.

gorduras residuais são resultantes do processamento doméstico, comercial e industrial (Parente, 2003).

No Brasil, o lançamento do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB), no final do ano de 2004, inseriu este combustível na matriz energética nacional. Parte dos recursos federais disponibilizados para investimento no setor é aplicada no Rio de Janeiro, estado este que também financia o desenvolvimento do biodiesel. O Programa RioBiodiesel, sob liderança da Secretaria de Ciência, Tecnologia e Inovação, tem realizado ações que dizem respeito ao biocombustível segundo o decreto do Governo do Estado do Rio de Janeiro – N° 37.927, de 06 de julho de 2005. O projeto inclui a instalação de unidades de plantio e cultivo experimental de espécies oleaginosas em diferentes regiões do Estado do Rio de Janeiro. A Secretaria procura, ainda, aproveitar resíduos gerados pela urbanização.

Tendo em vista as limitações territoriais do município do Rio de Janeiro e conhecendo seu potencial de eliminação de resíduos, típico de uma das maiores metrópoles do país, a coleta destes apresenta-se como elegível fonte de matéria-prima na produção do biodiesel, em detrimento das oleaginosas. Uma das formas comuns de poluição residual são os óleos de fritura usados, que serão o foco desta dissertação.

Para constatar a economicidade a partir dos insumos selecionados, um aspecto crucial a ser considerado são os custos logísticos desta alternativa. O baixo custo do óleo usado faz com que o principal gasto envolvido seja com o recolhimento deste, e, portanto, é fundamental a formulação de algoritmos de roteamento consistentes para verificar a viabilidade da proposta na cidade do Rio de Janeiro, no qual o trabalho se delimita. Efetivando-se o levantamento dos custos de produção, serão englobados todos os aspectos relevantes envolvidos na cadeia de produção do biodiesel a partir de óleos residuais de fritura, desde a coleta até a obtenção do biocombustível próprio para consumo.

Assim, no cenário apresentado, indaga-se se os custos logísticos e de produção são viabilizadores da utilização dos óleos de fritura usados como recurso para produção de biodiesel e a forma de otimizar o custo de obtenção do produto final, quantitativamente, sendo consideradas as restrições exigidas.

1.1. Objetivos

Dados a configuração das redes de transporte do município do Rio de Janeiro e os meios disponíveis para a produção do biodiesel, o objetivo deste trabalho é especificar a logística adequada e os custos inerentes ao combustível produzido a partir de óleos residuais de fritura e verificar a viabilidade desta alternativa, sendo considerado o cenário atual dos biocombustíveis.

Para tanto, será necessário o cumprimento de algumas etapas intermediárias, como a análise de algoritmos, ferramentas de roteamento de veículos e otimização combinatória; levantamento de dados de consumo de óleo residual de fritura nos agentes estudados e a investigação das formas e custos de produção do biodiesel a partir destes óleos, incluindo o exame da disponibilidade e custos dos produtos concernentes a esta cadeia. Desta forma, poder-se-á identificar um modelo matemático aderente à realidade em questão e determinar-se-á a melhor solução logística possível, que, aliada aos dados de produção, será analisada e discutida quanto ao objetivo final.

1.2. Hipóteses e Suposições

Devido ao alto preço dos combustíveis disponíveis no mercado e à busca e estímulo a alternativas aos combustíveis convencionais, presume-se que a factibilidade da utilização do biodiesel a partir de óleos de fritura usados é aparente.

1.3. Delimitação do Estudo

A aplicação do estudo está restrita à cidade do Rio de Janeiro, pois este considera peculiaridades de sua rede de transporte e das ofertas dos insumos especificados. Os valores de custos logísticos e de produção são relativos aos anos de 2006 e 2007, período em que foram realizados os levantamentos.

A pesquisa focará os óleos residuais de fritura usados por produtores comerciais em grande escala. Essa escolha se deve a dois fatores, sem distinção de importância: o primeiro consiste no grande volume de óleo disponível nestes estabelecimentos, visto que possuem elevado número de consumidores, gerando

uma economicidade em sua coleta. O segundo fator que determina a opção reside no fato deste tipo de óleo ser barato, o que será tratado mais adiante nesta dissertação, tornando esta fonte de recursos atraente.

Existem vários tipos de resíduos gordurosos que podem ser usados neste processo, tais como óleos e gorduras residuais de fritura residencial, comercial e industrial; de matadouros e frigoríficos; de oleaginosas e de tratamento de esgoto. Não serão abordados os óleos residuais residenciais, pela imprecisão na obtenção de dados; as gorduras provenientes de matadouros e frigoríficos e os óleos das oleaginosas, por serem considerados pouco expressivos quantitativamente no município do Rio de Janeiro; e o tratamento de esgoto, pela dificuldade de acesso à informação.

1.4. Motivação

O grande consumo de combustíveis fósseis, tanto nos países em desenvolvimento quanto nos desenvolvidos, aponta para um aumento no preço destes nos próximos anos. Por isso, são válidos os esforços na busca de alternativas viáveis.

Na cidade do Rio de Janeiro, especificamente, a produção de um combustível com custos atraentes associados à utilização racional das áreas e ao reaproveitamento de resíduos é importante. A cidade teria ganhos ambientais, na reciclagem de um potencial poluidor para produção de um combustível de menor emissão de gases tóxicos com relação aos derivados de petróleo, e suprimiria as restrições agrícolas relativas às limitações de território.

Além disso, os trabalhos sobre óleos residuais já realizados não consideram o problema logístico, fator fundamental para efetivação da coleta do óleo em pontos geograficamente dispersos.

1.5. Relevância

Quanto ao aspecto acadêmico, o estudo é importante por estar inserido na área de sistemas de transporte e logística, auxiliando na identificação e aprofundamento do conhecimento de algoritmos específicos com aplicação prática

evidente. Ou seja, traz métodos matemáticos para resolução de um problema concreto e real.

Num âmbito mais geral, a questão do biodiesel está sendo amplamente investigada pelas universidades, instituições de pesquisa, órgãos governamentais e pela iniciativa privada. Iniciativas como o Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (Ministério da Ciência e Tecnologia), a Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel, a Coordenação do Programa de Biodiesel (no âmbito da Gerência de Energia Renovável da Petrobras), além da participação ativa de diversas Secretarias Estaduais de Ciência e Tecnologia demonstram a importância estratégica do biodiesel na Matriz Energética Brasileira.

No entanto, as questões das características regionais de produção ainda não foram suficientemente abordadas nas pesquisas, mas são essenciais para avaliar a viabilidade técnica e econômica das alternativas de produção do biodiesel. Assim, a viabilização do biodiesel requer a implementação de uma estrutura organizada para produção e distribuição, de forma a atingir, com competitividade, os mercados potenciais. Este estudo contribui enquanto auxilia a mudança das práticas vigentes de menor eficiência, seja pela disseminação da informação da potencialidade do aproveitamento do óleo de fritura usado, econômica, social e ambientalmente, ou pela melhoria dos custos operacionais daqueles que já efetuam a prática da reciclagem.

1.6. Estrutura

A dissertação terá um total de sete capítulos. O primeiro capítulo consiste na contextualização do assunto escolhido, na identificação do problema e sua caracterização dentro deste cenário. Em seguida, traça o objetivo a que se dispõe o estudo e as suposições prévias, de forma a ser coerente e cabível no que discerne às expectativas. Ainda, delimita a abrangência da proposta, discorre sobre o que a motiva e, por fim, aborda a relevância da problemática escolhida e a contribuição do trabalho para esta.

O segundo e o terceiro capítulos apresentam uma revisão bibliográfica sobre biodiesel e roteamento, respectivamente. Tal revisão consiste na apresentação de trabalhos ligados ao tema e ao problema, que permitem maior clareza em sua formulação e sinalizam o método mais adequado à sua solução.

O quarto capítulo aborda a metodologia necessária para solução do problema, especificando o tipo de pesquisa, o universo e amostra do estudo, a forma como os dados foram obtidos e tratados, as ferramentas utilizadas, as limitações do método e a cronologia das atividades executadas.

O quinto capítulo introduz o algoritmo de solução do problema, incluindo os dados de entrada devidamente justificados e os testes que verificam a consistência da formulação proposta.

O sexto capítulo apresenta os custos não operacionais e de produção, além de mostrar os resultados logísticos obtidos pelo algoritmo de solução. Por fim, é analisada a formação de custos do biodiesel quanto à sua viabilidade em comparação com o preço de mercado.

O sétimo capítulo encerra as considerações finais e a conclusão, concatenadas à proposta dos objetivos. São apresentadas as contribuições e as perspectivas de trabalho sobre o tema.