



IV SINGEP

Simpósio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade
International Symposium on Project Management, Innovation and Sustainability

ISSN: 2317 - 8302

CUSTO MÉDIO DE PRODUÇÃO PARA UTILIZAÇÃO DE BIOMASSA EM CALDEIRAS DE UM SISTEMA DE POLIGERAÇÃO DE UM HOSPITAL DO NORDESTE BRASILEIRO

DANIELLE B. M DELGADO

Universidade Federal da Paraíba
danielle.delgado@cear.ufpb.br

MONICA CARVALHO

Universidade Federal da Paraíba
monica.carvalho@cear.ufpb.br

LUIZ MOREIRA COELHO JUNIOR

Universidade Federal da Paraíba
luiz@cear.ufpb.br



CUSTO MÉDIO DE PRODUÇÃO PARA UTILIZAÇÃO DE BIOMASSA EM CALDEIRAS DE UM SISTEMA DE POLIGERAÇÃO DE UM HOSPITAL DO NORDESTE BRASILEIRO

Resumo

Este artigo tem por objetivo avaliar, por meio da Análise do Custo Médio de Produção, os tipos de biomassa que podem ser utilizados em caldeiras para produção de vapor e água quente propostas para o Hospital Universitário Lauro Wanderley, situado na cidade de João Pessoa – PB. O estudo visa subsidiar um sistema de otimização dos recursos energéticos a serem adotado pelo hospital, uma vez, que o planejamento do sistema que vai produzir um produto ou serviço, é capaz de identificar oportunidades para reduzir custos e impactos negativos ao meio ambiente. Para o estudo, fez-se o levantamento da demanda energética do hospital. Considerou-se apenas a lenha, bagaço de cana de açúcar e pellets na análise, uma vez que são os tipos de biomassas admitidos pela caldeira especificada. Como resultados, observou-se que o recurso mais oneroso foram os pellets enquanto que a lenha, considerando o custo médio de produção evidenciou melhores resultados.

Palavras-chave: biomassa, sistema de poligeração, custo de produção, hospital.

Abstract

The objective of this manuscript is to evaluate, using the Average Production Cost Analysis, the types of biomass that can be utilized in boilers for the production of steam and hot water at the University Hospital Lauro Wanderley, located in the city of João Pessoa (Northeast Brazil). The study aims at subsidizing an optimization of the energy resources to be adopted by the hospital, once that the planning of the system producing a product or service is capable of identifying opportunities to reduce costs and negative environmental impacts. To this end, the energy demands of the hospital were established. The analysis considered firewood, sugarcane bagasse and pellets only, once these are the possibilities accepted by the specified boiler. It was observed that the most expensive resource were the pellets, while firewood obtained better results when considering the average production cost.

Keywords: biomass, polygeneration system, production costs, hospital.



1. Introdução

A utilização de múltiplas fontes de suprimento energético em determinadas unidades consumidoras para fins de confiabilidade e melhor aproveitamento energético vem ganhando destaque nos últimos tempos. A poligeração, como é mais comumente conhecida, define-se como a produção combinada de dois ou mais serviços energéticos, cujo objetivo é atingir o máximo aproveitamento das diversas fontes de energia utilizadas. Apresenta como principal vantagem o uso eficiente dessas fontes, já que se exige um estudo mais detalhado da relação geração-consumo, a confiabilidade e a continuidade no fornecimento de energia, além de um melhor aproveitamento, se comparados a sistemas autônomos. Tanto a poligeração quanto a integração energética são ferramentas promissoras para alcançar uma melhor eficiência no uso dos recursos naturais, e na maioria dos casos, também uma redução nos impactos ambientais gerados (SERRA et al., 2009).

Algumas unidades consumidoras, a exemplo dos hospitais, se destacam pelo alto consumo energético e pela necessidade contínua e simultânea de energia elétrica e térmica. Hospitais são, portanto, excelentes unidades com potencial para a implantação de sistemas de poligeração, uma vez que suas condições de conforto, demandas de eletricidade, água quente, aquecimento e refrigeração devem ser continuamente mantidas. Existem estudos recentes na área de otimização de sistemas de poligeração em hospitais (ZIHER, POREDOS, 2006; ARCURI, FLORIO, FRAGIACOMO, 2007; LOZANO e outros, 2009; ROMERO, CARVALHO, MILLAR, 2014a), mas a configuração ótima desses sistemas ainda é um problema complexo, devido à grande variedade de opções tecnológicas para o fornecimento e conversão de energia, grandes variações diárias e anuais nas demandas energéticas, e ainda variações dos preços e tarifas de energia. Segundo Shang e Kokossis (2005), esta variabilidade presente nas demandas energéticas necessita de uma metodologia de projeto que resulte em sistemas que produzam eficientemente (objetivo termodinâmico), sejam capazes de se adaptar a diferentes condições de demanda e mercado (flexibilidade operacional), além de operar com custo econômico mínimo.

Nesse contexto, este trabalho realiza um estudo de custo médio de produção com o intuito de avaliar a utilização de três diferentes tipos de biomassa, como recurso energético em caldeiras para a produção de água quente e vapor, em um sistema de poligeração previsto para um hospital localizado no nordeste brasileiro. A análise é fundamentada na superestrutura estabelecida em Romero, Carvalho e Millar (2014a, 2014b) e no resultado da otimização prevista em Carvalho et al. (2015), onde a biomassa foi um dos recursos energéticos de destaque. Para a região nordeste do Brasil a biomassa aparece como uma opção atrativa, já que a região dispõe de várias maneiras para utilizá-la, a exemplo do bagaço de cana de açúcar, lenha, palha de coco, casca de coco, entre outros. Iniciativas de utilização de resíduos de madeira da construção civil também podem ser origens importantes de biomassa.

2. Referencial Teórico

A biomassa pode ser definida de maneira geral como qualquer massa ou resíduo orgânico de matéria viva que se encontre na natureza. Em termos energéticos, se caracteriza pela sua capacidade de ser utilizada como combustível ou para a sua produção.

Biomassa é toda a massa de matéria viva, animal ou vegetal, que vive em equilíbrio numa determinada área da superfície terrestre. Do ponto de vista da produção de energia é



toda a massa orgânica que pode ser usada como combustível ou para a sua produção. Apesar dos combustíveis fósseis como petróleo, carvão ou gás natural, também sejam derivados de matéria orgânica, precisam de milhares de anos para serem gerados, por isso não são considerados biomassa pois não são recursos naturais renováveis a curto prazo (NOGUEIRA; RENDEIRO, 2008).

De acordo com o Balanço Energético Nacional (BEN, 2015), em 2014, a participação de fontes renováveis na Matriz Energética Brasileira manteve-se entre as mais elevadas do mundo (Figura 2.1), com uma pequena redução em relação ao ano de 2013, devido à menor oferta de energia hidráulica. Na lista das fontes que compõem esse percentual, formado pelas renováveis na matriz brasileira, a biomassa de cana de açúcar lidera o ranking em oferta de energia interna no Brasil (15,7%). Atualmente, esse recurso vem sendo cada vez mais utilizada na geração de eletricidade, principalmente em sistemas de cogeração e no suprimento de eletricidade para demandas isoladas da rede elétrica (BRASIL, 2015).

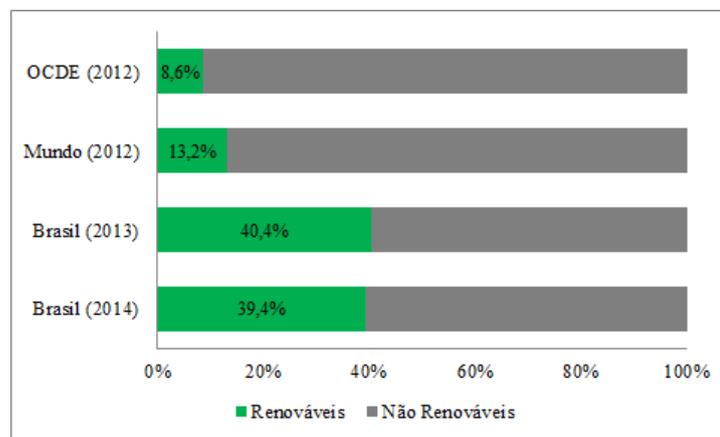


Figura 2.1: Participação de Fontes Renováveis na Matriz Energética Brasileira(BEN,2015).

Mesmo tendo uma natureza diferenciada, pois na sua utilização como combustível, na maioria das vezes, necessita de algum tratamento antes de ser utilizada no processo de conversão de energia, uma das principais vantagens da biomassa é que também pode ser usada de forma direta, por intermédio da combustão em fornos e caldeiras.

O uso da biomassa tem crescido bastante no Brasil, sobretudo a biomassa residual, proveniente dos resíduos de culturas como cana-de-açúcar, mandioca, soja, sorgo, milho e eucalipto. A mais difundida ainda é a oriunda da cana-de-açúcar, amplamente incentivada pelo governo desde a criação do Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA) no ano de 2002, proveniente da necessidade em se conter as crises energéticas ocorridas no país, provindas da falta de petróleo, carvão e água (BRASIL, 2002).

3. Metodologia

O hospital objeto desse estudo é o Hospital Universitário Lauro Wanderley (HU), que está situado no campus I da Universidade Federal da Paraíba, na cidade de João Pessoa, e conta com um conjunto arquitetônico aproximado em 44.000m² de área, dos quais, cerca de 9.000m² estão em processo de construção (HU, EBSERH, 2013).



Foram consideradas para a implantação do sistema de poligeração, as demandas energéticas típicas de um hospital, a saber: eletricidade, água quente, vapor e refrigeração. As demandas de eletricidade traduzem-se no consumo elétrico de iluminação, elevadores, equipamentos, e depende principalmente do tamanho do hospital. As demandas de água quente (para uso em cozinha e lavanderia) e de vapor (para esterilização) também dependem do porte do hospital (número de leitos). As demandas de conforto térmico (aquecimento, refrigeração) são muito influenciadas pela climatologia do local de instalação do hospital. Devido ao clima de João Pessoa, demandas de água quente para aquecimento ambiental não são necessárias. No total, têm-se variações nas demandas devido ao clima e ao modo de operação do hospital. O clima influenciará as demandas de conforto térmico hora a hora, e o modo de operação do hospital distingue seus dias de operação entre "dia útil" e "fim-de-semana" (ou feriado). Sabe-se que durante finais de semana e feriados os consumos energéticos de um hospital são mais baixos, fato esse refletido nos consumos elétricos medidos.

Para melhor refletir a influência mensal do clima nas demandas energéticas, escolheu-se um período de estudo igual a um ano (doze meses). A operação do hospital somente varia, ao longo do ano, dependendo do tipo de dia, portanto para caracterizar as demandas do hospital estabeleceram-se dois dias representativos (dia útil e fim-de-semana) por mês. Cada dia se divide em 24 períodos horários, resultando em 576 períodos de operação diferentes ao longo do ano.

Dada a disponibilidade de dados reais para eletricidade, estes foram utilizados para demandas elétricas. Para o cálculo das demandas energéticas representativas de água quente, vapor e refrigeração (que independem da localização geográfica do hospital), utilizou-se a aplicação sequencial do método dos graus-dia (ERBS, KLEIN, BECKMAN, 1983), dados climáticos (CLIMATICUS 4.2, 2005), dados de ocupação (NEPOTE, MONTEIRO, HARDY, 2009) e dados obtidos de auditoria energética (ARAÚJO, 2004). A demanda de vapor foi considerada constante durante o período de utilização da central de esterilização, entre 6h e 20h, acrescida da demanda de um balcão térmico no restaurante, no horário de almoço e jantar. A demanda de água quente possui dois contribuintes: a lavanderia, que opera entre 8h e 18h, e o uso interno hospital, que opera sem interrupções durante as 24 horas do dia.

Com base nesse estudo, o hospital apresenta as seguintes demandas energéticas anuais: 2791 MWh de eletricidade, 1947 MWh de água quente, 138 MWh de vapor, e 2309 MWh de refrigeração. A eletricidade foi faturada com modalidade tarifária do tipo horossazonal, apresentando tarifas diferenciadas para os horários de ponta e fora de ponta. Na modalidade escolhida, a tarifa contratada para o dia é R\$129/MWh, enquanto que no horário diferenciado de "ponta", entre 18h e 21h, o valor contratual é de R\$199/MWh.

A tarifa de gás natural (R\$120/MWh – PBGAS, 2013) não contempla diferenciação horária nem sazonal, e caso algum equipamento que o utilize seja instalado, os custos já incluirão a conexão à malha de distribuição (gasodutos).

Da mesma forma, a tarifa considerada para o diesel (R\$149/MWh) não possui discriminação horária ou sazonal, e os custos da instalação de equipamentos que operem com diesel incluem tanques de armazenagem.

A biomassa utilizada no modelo de otimização proposto em Carvalho *et al.* (2015) foi a proveniente do bagaço de cana de açúcar. O estado da Paraíba conta com oito usinas de cana de açúcar que se estendem por 26 municípios ao longo da linha da costa, todos localizados na proximidade de João Pessoa (NOVA CANA, 2015). Esta fonte de energia foi considerada



inicialmente para atender às demandas de água e vapor quente do hospital (por meio de caldeiras). O modelo previu apenas um tipo de recurso, sem considerar os demais possíveis de utilização pelo equipamento e especificidades da região.

Nesse contexto, diante das especificações de um fabricante e do fornecedor de caldeiras a biomassa, foi necessário um estudo que se aproximasse mais das condições reais de suprimento de biomassa para as caldeiras do sistema de poligeração proposto. Nesse sentido, restringiu-se a análise para o bagaço da cana, a lenha e pellets de madeira, que além de poderem ser utilizados nos equipamentos especificados, são acessíveis ao hospital objeto desse estudo.

3.1. Descrição da Superestrutura e dos equipamentos que utilizam biomassa

Para atendimento às demandas energéticas do hospital objeto desse estudo, foi prevista uma superestrutura conforme apresentada na Figura 3.1.

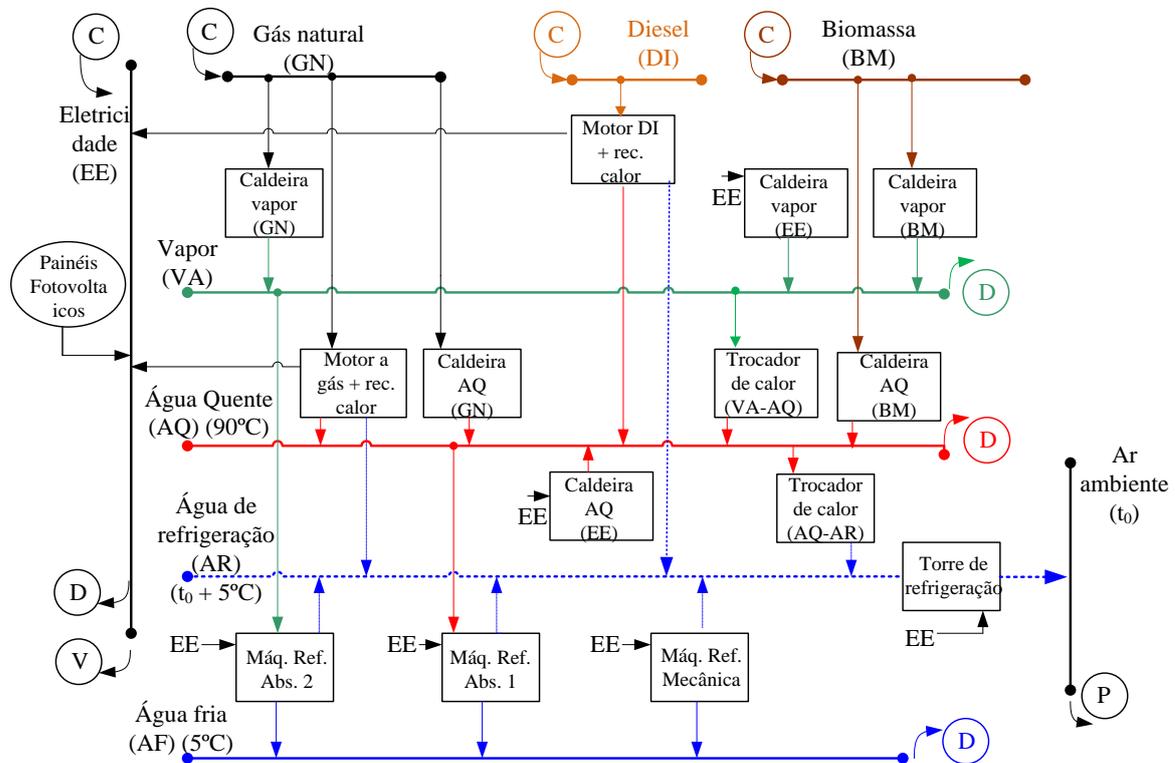


Figura 3.1: Superestrutura de poligeração.

As demandas de água quente e vapor serão supridas por meio de caldeiras. A superestrutura prevê o uso da biomassa, da energia elétrica e do diesel como combustíveis para esses equipamentos. No estudo aqui proposto, serão consideradas apenas as caldeiras que utilizam biomassa para produção de água quente e vapor, uma vez que se propõe analisar qual seria a biomassa mais adequada para atendimento a essas demandas, considerando principalmente o custo médio de produção. O resultado da análise do presente estudo visa subsidiar o modelo de otimização proposto por Carvalho *et al.* (2015) para a realização de análises de sensibilidade e resiliências dos resultados daquele estudo.



Para o cálculo da quantidade de combustível necessária foram considerados os dados técnicos fornecidos por um fabricante de caldeiras, com a seguinte especificação: caldeira horizontal para a produção de 500 kgv/h para uso de combustível biomassa (lenha, bagaço de cana e pellets de madeira), PMTA - Pressão Máxima de Trabalho Admissível de 7 bar, 02 passagens, temperatura de vapor de 175°C e entalpia de 662 Kcal/Kg, tensão de funcionamento 220V, rendimento de 85%. (MULTINOX, 2015) e as informações do PCI (Poder Calorífico Inferior) e da densidade do material.

3.2. Caracterização dos Combustíveis da Caldeira

De acordo com as especificações do fabricante da caldeira, dentre os tipos de biomassa que podem ser utilizadas no equipamento serão analisados o bagaço de cana de açúcar, a lenha e pellets de madeira. Considerando as demandas energéticas anuais de 1947 MWh de água quente e 138MWh de vapor para o hospital, o PCI, o rendimento da caldeira e a densidade do material, calculou-se a quantidade, em m³, necessária de cada tipo de combustível, conforme apresentado na Tabela 3.1:

Tabela 3.1: Combustíveis utilizados na Caldeira

CARACTERÍSTICAS	COMBUSTÍVEIS					
	Lenha		Bagaço de Cana de Açúcar		Pellet	
PCI	3100 kcal/kg		2130 kcal/kg		4000 kcal/kg	
Densidade	390 kg/m ³		130 kg/m ³		650 kg/m ³	
Preço	R\$ 110/m ³		R\$ 16,80/m ³		R\$ 344,50/m ³	
Quantidade de MWh/m ³	1,41		0,32		3,02	
Quantidade de combustível necessária (m ³)	Água Quente	Vapor	Água Quente	Vapor	Água Quente	Vapor
	1.587,98	112,55	6.997,03	495,94	645,55	45,69

Os PCI e a densidade da lenha e do bagaço da cana foram obtidos no relatório final do BEN – Balanço Energético Nacional (BEN, 2014). Os pellets considerados são de resíduos de madeira, cujos PCI e a densidade foram obtidos no site da Opção Verde Assessoria em Biomassa (Opção Verde, 2015).

Para o cálculo da quantidade de combustível necessária foi utilizado o fator de conversão de 1Kcal = 0,00116 KWh e o rendimento da caldeira, que é de 85%.

Os preços de cada combustível foram obtidos por meio de consulta a fornecedores, sendo o da lenha, de R\$ 55/st, informado pela Organização Sertaneja dos Amigos da Natureza (SOS Sertão, 2014), cujo valor já inclui o transporte e a entrega até o pátio do hospital. Esse valor é dado por metro estéreo e a conversão para metro cúbico foi feita utilizando o fator de empilhamento de 0,5 (ENVALMA, 2014).

Os valores do pellet e bagaço de cana, R\$ 344,50/m³ e R\$ 16,80/m³, respectivamente, foram obtidos no site da MFRURAL (MFRURAL, 2015).

O gráfico apresentado na Figura 3.2 compara o valor do MWh dos tipos de biomassa analisados com a tarifa de energia elétrica convencional, fornecida pela rede elétrica, considerando apenas o valor do combustível. No tópico a seguir será apresentado o custo médio de produção dos recursos energéticos analisados e disponíveis para as caldeiras a biomassa.

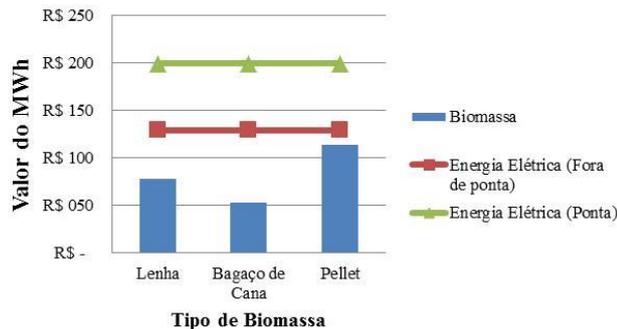


Figura 3.2: Gráfico comparativo do valor do MWh para os tipos de biomassa

3.3. Custo Médio de Produção

A formação de preço é com base apenas nos custos, uma vez que o que está sendo avaliado é o tipo de combustível a ser utilizado na caldeira (Tabela 3.2). O custo de investimento, que consiste no fornecimento, transporte, instalação e suporte da caldeira a biomassa, foi obtido através de consulta a fornecedores, cujo valor individual é R\$ 56.520,00 (MULTINOX, 2015). A caldeira pode utilizar os três tipos de biomassa que estão sendo analisados, portanto, o custo inicial é o mesmo para qualquer um dessas.

Para o custo de transporte foi utilizado o cálculo previsto em Rezende e Oliveira (REZENDE E OLIVEIRA, 2001), onde o mesmo é dado pela seguinte expressão:

$$C = 1,5L + (0,025L)D \quad (1)$$

Sendo:

C – Custo de Transporte por m³ estéreo (m³ st)

L – Preço do litro do Diesel

D – Distância em km

Para o cálculo do valor do transporte, foram consideradas as seguintes informações:

1. Para o bagaço da cana: são oito usinas instaladas no Estado da Paraíba, nos municípios de Caaporã, Pedras de Fogo, Santa Rita, Mamanguape e Rio Tinto. A distância considerada no cálculo para o transporte foi de 45 km, uma vez que apenas uma usina é próxima da unidade consumidora (13km), sendo as demais, distantes aproximadamente 45km do hospital. O preço do diesel atribuído para o cálculo foi de R\$ 3,10 reais, média dos preços praticados pelos postos de combustíveis no estado. Considerou-se ainda um metro cúbico de bagaço de cana igual a um metro estéreo;
2. No caso do pellet, o fornecedor mais próximo está localizado na cidade de Recife-PE (Pellet Nordeste, 2015) e percorre uma distância de 120 km para entregar o material no hospital. O preço médio do diesel considerado foi de R\$ 3,10 reais.



Vale salientar que, no caso da lenha, o valor apresentado na Tabela 3.1 já inclui o custo do transporte e que a vida útil das caldeiras é de 15 anos, logo será considerada a avaliação do suprimento energético da demanda anual durante esse período.

Tabela 3.2: Custo Total Anual por tipo de Biomassa

Formação do Custo	Lenha		Bagaço de Cana		Pellets	
	Água quente	Vapor	Água quente	Vapor	Água quente	Vapor
Custo da Caldeira (R\$)	56.520,00	56.520,00	56.520,00	56.520,00	56.520,00	56.520,00
Transporte da Caldeira (R\$)	13.800,00	13.800,00	13.800,00	13.800,00	13.800,00	13.800,00
Quantidade de Combustível(m ³)	1.587,98	112,55	6.997,03	495,94	645,55	45,69
Preço do Combustível (R\$/m ³)	110,00	110,00	16,80	16,80	344,50	344,50
Custo total do Combustível (R\$/m ³)	174.677,80	12.375,00	117.550,10	8.331,79	222.391,97	15.740,20
Custo do Transporte (R\$/m ³)	(incluso no preço do combustível)		8,52	8,52	13,95	13,95
Custo do transporte (incluindo taxa de abastecimento de 5% e ICMS)	(incluso no preço do combustível)		62.595,43	4.436,68	11.063,16	783,01
CUSTO TOTAL ANUAL (R\$/m³)	244.997,80	82.695,00	250.465,53	83.088,47	303.775,13	86.843,21

A alíquota de 17% do ICMS só foi considerada no caso dos pellets, já que o fornecedor fica no município de Recife/PE, logo o transporte da carga é interestadual, partindo do estado de Pernambuco para o estado da Paraíba. A taxa de abastecimento de 5% é referente à carga e descarga do material.

4. Resultados

O objetivo desse estudo foi analisar, dentre três tipos de biomassa possíveis, qual a mais viável para ser utilizada como recurso energético em caldeiras para produção de água quente e vapor em um hospital paraibano.

O resultado da análise do custo médio de produção para a lenha, bagaço de cana de açúcar e pellets de madeira aponta para um custo anual total que está apresentado no gráfico da Figura 4.1, como critério de decisão para o tipo de biomassa que poderá ser utilizada nas caldeiras especificadas na superestrutura do hospital.

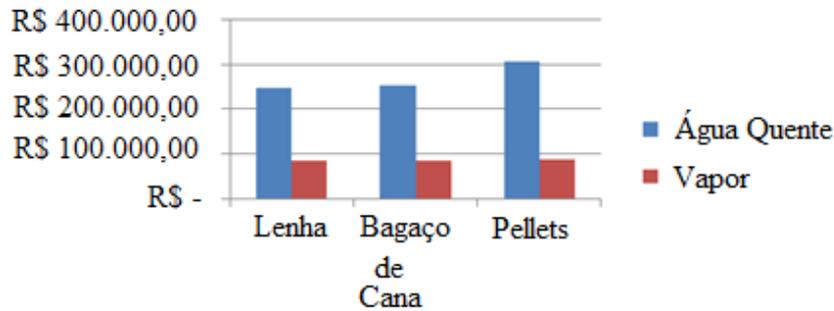


Figura 4.1: Custo Anual Total.

O Custo Anual Total foi o principal critério para escolha da biomassa. Os pellets apresentam a vantagem do armazenamento e condicionamento do material, já que são mais compactos, mas foi o recurso que apresentou maior custo anual.

No comparativo entre o custo médio de produção da lenha e da biomassa de bagaço de cana de açúcar, observa-se uma ligeira vantagem da lenha (2,18%) em relação ao custo anual do bagaço da cana de açúcar. Deve-se considerar ainda que, além do custo menor, na Paraíba, a aquisição da lenha é mais fácil, se comparada ao bagaço da cana de açúcar, pois o fornecimento desta, de acordo com a safra no estado, pode não ser contínuo.

A Tabela 4.1 apresenta o custo, em reais, do MWh para cada tipo de biomassa analisado. Percebe-se que o custo do MWh da lenha é 15,17% inferior ao da energia elétrica no horário fora de ponta e 45% inferior ao do horário de ponta de consumo de energia elétrica. Para o bagaço de cana de açúcar, esses valores são, respectivamente, de 13,9% e 44,19%.

Quanto aos pellets, o custo do MWh é superior ao da energia elétrica no horário fora de ponta, em 17,21%, mas se comparado à energia elétrica no horário de ponta o valor do MWh é inferior em 21,69%.

Tabela 4.1: Comparação entre o custo do MWh das Biomassas e do MWh da Energia Elétrica

Tipo de Biomassa	Valor do MWh (R\$/MWh)
Lenha	R\$ 109,42
Bagaço de Cana de Açúcar	R\$ 111,06
Pellets	R\$ 155,83
Energia Elétrica – Fora de Ponta	R\$ 129,00
Energia Elétrica – Ponta	R\$ 199,00

5. Considerações Finais

A adoção de equipamentos e combustíveis mais eficientes, econômicos, e que geram menos emissões ao meio ambiente, deve ser analisada com atenção pelas empresas, especialmente pelos órgãos públicos, pois refletirá diretamente sobre a imagem que seu público alvo fará da marca; além de estar agregando valor aos recursos adotados.

Verificou-se na Figura 3.2 que o valor do MWh do bagaço da cana, considerando apenas o custo do combustível, é inferior ao da lenha e ao dos pellets. No entanto, os custos indiretos, principalmente relacionados com o transporte, o fornecimento e o armazenamento desse recurso, não o apresenta como um recurso atrativo.



A análise e o estudo detalhado dos resultados apresentados na Tabela 3.2 e em modelos de negócio próprios para o empreendimento, qual seja, a escolha da biomassa para uso nas caldeiras do hospital, apontam a lenha como o recurso mais viável e de menor custo. Essa informação, subsidia com mais consistência, a inserção desse recurso na superestrutura do hospital e conseqüentemente a otimização do sistema de poligeração previsto, possibilitando verificar com mais clareza a redução de custos e diminuição do impacto ambiental.

6. Referências Bibliográficas

- ARAÚJO, M. M. D. “Contribuição Metodológica para o Diagnóstico Exergético de Sistemas Térmicos e Elétricos - Estudo de Caso do Hospital Universitário Lauro Wanderley”, 2004 Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2004.
- BRASIL, EPE, Empresa de Pesquisa Energética. Balanço Energético Nacional-2014. Disponível em <https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2014.pdf> Acesso em 11/08/2015.
- EBSERH, Empresa Brasileira de Serviços Hospitalares. Hospital Universitário Lauro Wanderley/UFPA: Dimensionamento de serviços assistenciais e da gerência de ensino e pesquisa. Disponível em: <http://www.ebserh.mec.gov.br/images/pdf/contratos_adexao_huf/ufpb/dimensionamento_de_servicos_hulw_ufpb.pdf>. Acesso em: 08 de novembro de 2014.
- CLIMATICUS 4.2. Banco de dados Climáticos. Estratégias de projeto 58 cidades brasileiras. Base de dados do INMET 1961-1990. Versão beta. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo - Departamento de Tecnologia - Laboratório de conforto ambiental e eficiência energética, 2005. Disponível em: http://www.usp.br/fau/pesquisa/laboratorios/labaut/conforto/Climaticus_4_2.xls. Acesso em 29/11/2013.
- CARVALHO, M., CHARCATEGUI, R, JUNIOR, L.M.C, DELGADO, D. B. M. Optimization of Energy Supply and Conversion in a Northeast Brazil Hospital: Use of photovoltaic panels. Aceito no 23 rd ABCM International Congress of Mechanical Engineering
- ENVALMA, Nota Técnica. Disponível em http://www.entalma.com/wa_files/Nota_20T_C3_A9cnica_203-Metros_20Cubicos_20x_20Metro_20Estereo.pdf. Acesso em 04/08/2015.
- ERBS, D.G., KLEIN, S.A., BECKMAN, W.A. Estimation of degree-days and ambient temperature bin data from monthly-average temperatures, ASHARE Journal, vol. 25, n. 6, pp. 60-65, 1983.
- MFRURAL.O agronegócio passa por aqui. Disponível em <<http://www.mfrural.com.br/busca.aspx?palavras=bagaco+cana>>. Acesso em 21/07/2015.
- MULTINOX, MULTINOX do Brasil. Disponível em <<http://www.multinoxdobrasil.com/caldeiras.html>> Acesso em: 23/07/2015.
- NEPOTE, M. H. A., MONTEIRO, I. U. HARDY, E., 2009. Associação entre os índices operacionais e a taxa de ocupação de um centro cirúrgico geral, Rev. Latino-Am. Enfermagem [online], vol. 17, n.4.



IV SINGEP

Simpósio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade
International Symposium on Project Management, Innovation and Sustainability

ISSN: 2317 - 8502

- PBGÁS, Companhia Paraibana de Gás. Tarifas. Disponível em http://www.pbgas.com.br/?page_id=1477. Acesso em 24/12/2013.
- PELLET NORDESTE. Disponível em http://www.pelletsnordeste.com/?page_id=53&lang=pt-br. Acesso em 20/07/2015.
- NOVA CANA, Usinas de Açúcar e Álcool no Estado da Paraíba. Disponível em <http://www.novacana.com/usinas-brasil/nordeste/paraiba/> Acesso em 10/08/2015.
- OPÇÃO VERDE. Assessoria em Biomassa. Disponível em <http://www.opcaoverde.com.br/biomassa>. Acesso em 10/08/2015.
- REZENDE, J. L. P. de, OLIVEIRA, A. D. de, Análise econômica e social de projetos florestais . Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2001. 389 p.
- ROMERO, A., CARVALHO, M., MILLAR, D. L. Application of a polygeneration optimization technique for a hospital in Northern Ontario. Transactions of the Canadian Society of Mechanical Engineering, vol. 1, 2014a.
- ROMERO, A., CARVALHO, M., MILLAR, D. L. Biomassa e energia solar térmica na síntese e otimização de um sistema de poligeração. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR, 5., 2014, Recife. Anais. Recife: ABES, 2014b.
- SERRA, L.M. et al. Polygeneration and efficient use of natural resources. Energy, vol. 34, p. 575-586, 2009.
- SHANG, Z., KOKOSSIS, A.A systematic approach to the synthesis and design of flexible utility systems. Chemical Engineering Science, vol. 60, p. 4431-4451, 2005.
- SOS SERTÃO, Plano de Negócio da Associação Malhada, p.39, 2014
- ZIHER, D., POREDOS, A. Economics of a trigeneration system in a hospital. Applied Thermal Engineering, 2006,n. 7, 680-687 p. 26 v.