

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CAMPUS LONDRINA
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL**

MARIA THERESA BETTIN BOLDARINI

**UTILIZAÇÃO DE REED COMO BIOMASSA – UM ESTUDO DE SISTEMA DE
COGERAÇÃO E AQUECIMENTO DISTRITAL EM COTTOWN, ESCÓCIA.**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

LONDRINA

2013

MARIA THERESA BETTIN BOLDARINI

**UTILIZAÇÃO DE REED COMO BIOMASSA – UM ESTUDO DE SISTEMA DE
COGERAÇÃO E AQUECIMENTO DISTRITAL EM COTTOWN, ESCÓCIA.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à disciplina Trabalho de Conclusão de Curso 2, do Curso Superior de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Londrina, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Stephen Reynolds

LONDRINA

2013

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por me proporcionar oportunidades únicas na vida, e por ter sempre colocado as pessoas certas em meu caminho, amigos, professores, e todos que entraram na minha vida e que me ajudaram nesse processo de aprendizagem e crescimento em todos os sentidos.

Agradeço imensamente a minha mãe, Ana, que sempre me deu suporte e motivação para atingir meus objetivos em todos os aspectos da minha vida. Esteve e está sempre presente em minha vida com seus conselhos, broncas e amor incondicional.

A todos os meus amigos que fizeram desse período da minha vida os anos mais incríveis e que com certeza não teriam a mesma graça e importância. Aos que me ajudaram a estudar, aos que me cobravam, aos que me atrapalharam, todos fizeram parte dessa história.

E aos meus orientadores, Steve Reynolds e Lisandra Ferreira de Lima, um por me orientar e me ajudar no desenvolvimento de meu trabalho e a outra por sempre me inspirar e auxiliar mesmo à distância, sempre que precisei.

RESUMO

BOLDARINI, Maria Theresa Bettin. Utilização de Reed como biomassa – um estudo de sistema de cogeração e aquecimento distrital em Cottown, Escócia. 2014. 50p. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2014.

Com o crescente consumo de energia e a necessidade de investir em opções de energia renovável foi realizado uma análise da possível utilização de Common Reeds, uma planta encontrada nas margens do rio Tay- Escócia, como fonte de energia para uma pequena vila localizada no nordeste da Escócia.

Cottown é uma vila com 47 casas, e até o presente momento queima óleo como fonte de aquecimento para suas casas. Com o propósito de utilizar uma fonte natural, como biomassa local disponível, foi realizada uma análise energética usando o consumo médio de energia, para aquecimento de ambiente e energia elétrica, para definir a melhor opção Sistema de Cogeração ou Sistema de aquecimento Distrital, que deve ser adotada pela vila.

Análises Econômicas e Ambientais foram levadas em consideração para verificar a viabilidade na mudança no sistema de aquecimento utilizado hoje.

Palavras chave: Reeds; Sistema de Cogeração; Aquecimento Distrital; Biomassa.

ABSTRACT

BOLDARINI, Maria Theresa Bettin Feasibility Reed-Fired – A Study of CHP and District Heating System in Cottown, Angus. 2014. 50p. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2014.

The purpose of this work is to analyse the feasibility of usage Common Reeds as source of energy, on a small village located on north-east of Scotland. Cottown is a village with 47 houses, and at the present moment burn oil to heat their homes. The idea came from a Group Project undertaken by final-year students in School of Architecture, on making a study on the possibility of utilising reeds that grow naturally along the banks of the River Tay as source of energy. With the purpose of utilizing the natural biomass available, an energetic analysis was undertaken using the average consume of energy, for heating and electricity, to define the best approach, CHP or District Heating, should be adopted. Economic and Environmental analyses were also done considering reports of other countries and cities that already use Reed as source of energy, and then from these data conclude about the feasibility of these for Cottown.

Keywords: Reeds, CHP system, District Heating, Biomass.

Lista De Figuras

Figura 1: Banco de junco do rio Tay - Escócia	17
Figura 2: Distância da vila de Cottown até o acesso ao rio Tay.	19
Figura 3: Comprimento da plantação de reed, próximo a Cottown.....	20
Figura 4: Largura da área de junco de Port Allan, 7 min de Cottown ..	21
Figura 5: Localização de Cottown - Escócia.....	21
Figura 6: Visão espacial da vila de Cottown	22
Figura 7: Sistema de Aquecimento Distrital.....	28
Figura 8: Usina 3 MW de Aquecimento Distrital	29
Figura 9: Sistema de Cogeração de energia	32
Figura 10: Junco gigante picado.....	38
Figura 11:Fardo de junco gigante	39
Figura 12: Flat grid burning.....	41
Figura 13: Fluidized bed burning	41
Figura 14: Custo do transporte por caminhão	46

Lista De Tabelas

Tabela 1: Valores padrão para horas de funcionamento total para cadeia de biomassa, Fonte: QM Holzheizwerke	30
Tabela 2: Custos calculados para Reed Canary Grass (Pahkala yw. 2005, 29)	45

Sumário

1. Introdução	9
2. Objetivos	12
2.1. Objetivo Geral	12
2.2. Objetivos Específicos	12
3. Justificativa	13
4. Referencial Teórico	14
4.1. Eco Vila	15
4.2. <i>Phragmites australis</i> (Reeds)	17
4.3. Área de Estudo	21
5. Metodologia	24
6. Análise energética	25
6.1. Consumo de energia	25
6.2. Demanda Elétrica.....	25
7. Propostas para Geração de Energia	27
7.1. Aquecimento Distrital	27
7.2. Análise do Sistema de Cogeração	32
8. Análise da cadeia energética do Reed	35
8.1. Corte da planta.....	36
8.1.1. Equipamento e maquinário para colheita	36
8.2. Pré-processamento	37
8.2.1. Corte (Colheita)	38
8.2.2. Fardos e fardos esmagados	39
8.3. Transporte e Armazenamento.....	39
8.4. Incineração.....	40
9. Aspectos Ambientais sobre o uso do <i>Phragmites australis</i> ... 43	43
9.1. Dióxido de Carbono	43
9.2. Balanço de Energia.....	44
10. Custo-benefício da utilização de Reed	45
11. Conclusão	47
Referências	48

1. Introdução

Energia é fundamental para a vida humana e um acesso seguro a energia é essencial para a manutenção das sociedades modernas. A demanda de energia tem crescido, e conseqüentemente, a produção de energia aumentou com o passar dos anos. O consumo energético no mundo começou com a queima de combustíveis fósseis como óleo, carvão e gás natural, essas reservas de combustíveis não são suficientes para suprir a crescente demanda energética (Silva, 2009).

O uso contínuo de combustíveis fósseis enfrenta atualmente vários desafios, como o risco de decréscimo do suprimento de combustíveis uma vez que reservas são finitas. Outro desafio enfrentado pela sociedade, devido ao uso de energias não renováveis, é o aquecimento global, a chuva ácida, o efeito estufa entre outros problemas ambientais ligados aos combustíveis fósseis devido ao fato de sua queima liberar CO₂ e outros gases nocivos para a atmosfera. Problemas geopolíticos e conflitos militares especialmente nas áreas onde o petróleo é abundante, continuando influenciando significativamente no aumento de preços dos combustíveis (Silva, 2009).

O ato de mudanças climáticas de 2008 estabeleceu os objetivos mundiais a serem atingidos em relação as mudanças climáticas, e desde então, o governo do Reino Unido traçou objetivos de redução de emissão de gases causadores do efeito estufa em pelo menos 80% até 2050. Para atingir tais objetivos, algumas estratégias foram criadas: reduzir a demanda energética, aumentar a eficiência energética e investir em tecnologias de baixa emissão de CO₂. Fontes de energia renovável podem ter um papel significativo na ajuda ao Reino Unido para atingir seus objetivos de redução de emissão de gases de efeito estufa.

De acordo com Demirbas (2004) biomassa tem a sua origem na matéria orgânica de origem biológica, como madeira, capim, culturas energéticas, matéria orgânica de lodo (esgoto), resíduos de matérias orgânica e camas de

animais. Pode-se considerar que essas fontes de energia como sendo uma forma de armazenar energia solar, que é capturada pela matéria orgânica em seu crescimento. Essa energia armazenada na biomassa é liberada pela combustão, fermentação ou destilação e pode fornecer calor e energia elétrica.

O sol é a fonte primária de energia contida em todas os combustíveis vindas da biomassa. A energia solar é capturada e armazenada pela fotossíntese e quando queimada libera gás carbônico e outros gases para a atmosfera. No entanto, de acordo com Dermibas (2004), o gás carbônico é compensado pela quantidade de CO₂ absorvida durante o crescimento da biomassa, ou será capturado pelo crescimento de novas plantas para compensar o que já foi liberado, considerando que o gás carbônico irá permanecer em um ciclo.

Em contra partida, os combustíveis fósseis liberam gás carbônico que foram capturados por fotossíntese a milhões de anos atrás. Consequentemente biomassa é considerada de baixa emissão de CO₂, quando a matéria prima tiver a sua origem em fontes sustentáveis, uma vez que as emissões da combustão de biomassa são recapturadas pelo crescimento de novas plantas.

O uso de biomassa é uma alternativa de baixo custo e uma maneira prática de fornecer calor, para o aquecimento espacial, água quente e calor para o sistema de aquecimento de vapor, utilizando uma fonte de energia renovável e baixa emissão. Biomassa também pode ser usada em sistemas de cogeração de energia, fornecendo calor para aquecimento e produzindo de energia elétrica, e tem sendo considerada como uma das principais alternativas para substituir os sistemas tradicionais de aquecimento, com economia de energia e auxiliando na conservação ambiental. Outra alternativa é a adoção do aquecimento distrital, ambos os sistemas utilizando biomassa como matéria prima.

Tendo em mente que os aspectos ambientais e considerando os objetivos de redução de CO₂ traçados pelo Reino Unido, este trabalho estuda a viabilidade de trocar a atual maneira de aquecimento da vila de Cottown na Escócia. Este trabalho avaliou a possibilidade de adotar uma biomassa local como fonte de energia, ao invés da queima de combustíveis fósseis, e a perspectiva de instalação de um sistema de aquecimento comum para toda a

vila, levando em consideração análises econômicas e aspectos ambientais desta possível mudança de matriz energética.

2. Objetivos

2.1. Objetivo Geral

O objetivo principal desse trabalho é propor uma fonte renovável de energia para a vila de Cottown. Usando uma matéria prima local, disponível próxima a vila, levando em consideração a eficiência, a viabilidade e os impactos ambientais.

2.2. Objetivos Específicos

Em face ao objetivo principal do presente projeto, alguns objetivos específicos podem ser elencados:

- Calcular a estimativa da quantidade de energia necessária para suprir as necessidades da vila de Cottown.
- Analisar e comparar a viabilidade da matéria prima da área próxima.
- Estudar da viabilidade na adoção de “Reeds” como biomassa local.
- Propor a melhor opção de sistema de energia renovável a ser adotado para Cottown.

3. Justificativa

Em vista do cenário atual, onde países possuem como objetivo diminuir a queima de combustíveis fósseis e as emissões de gás carbônico, o investimento em energias renováveis torna-se um investimento de grande importância como forma de substituir a matéria prima atual (óleo ou carvão mineral), mostrando a importância social e ambiental deste estudo.

Pode-se destacar também a importância econômica deste projeto, uma vez que o uso de energias renováveis a médio e longo prazo reduzem as despesas com combustíveis fósseis. Este trabalho procura oferecer uma opção viável de mudança de matriz energética para uma pequena vila. Entretanto a mesma aplicação pode ser facilmente utilizada em condomínios fechados ou mesmo em pequenas cidades afastadas, onde não exista acesso a rede de energia ou seu acesso seja restrito.

4. Referencial Teórico

O desenvolvimento de energias renováveis vem crescendo rapidamente devido a atual preocupação com os problemas ambientais e o aumento do custo do óleo e combustíveis fósseis, utilizados para suprir a necessidade de calor das casas e ambientes comerciais, através da combustão.

Para áreas afastadas, ou pequenas vilas, a energia renovável é especialmente adequada, uma vez que esses locais não são conectados à rede de distribuição de gás do Reino Unido, sendo dependentes de combustíveis fósseis para fornecer calor. Com a crise energética global, os preços dos combustíveis sofreram consideráveis oscilações, não sendo considerada uma fonte segura e confiável de energia, tornando-se um problema para quem depende deste tipo de combustível para manter sua demanda elétrica e de calor (Thompson et al. 2009).

Outras vantagens em adotar energias limpas, são as mudanças climáticas, que são consideradas como consequência da liberação de dióxido de enxofre, dióxido de carbono, entre outros, oriundos da queima de combustíveis não renováveis. Esses gases são responsáveis pelo efeito estufa, chuva ácida e aquecimento global (Shamsuzzoha et al. 2012).

Fontes renováveis de energia possuem o potencial de aumentar a qualidade de vida em áreas rurais ou afastadas das cidades, locais onde o êxodo rural de pessoas jovens e de famílias inteiras é bastante frequente. Essas pessoas saem da área onde vivem devido a poucas oportunidades de trabalho e pela crise econômica que afeta essas regiões, de acordo com Neves et al. (2014) esse fato vem afetando vilas e áreas rurais na Europa.

Para este estudo, o objetivo principal ao adotar a energia renovável é a propor a transformação de Cottown em uma eco vila, como uma forma de transformar o local em uma área lucrativa, ou mesmo em um local onde os preços pagos pelo aquecimento sejam mais baixos, tornando-se uma área mais interessante de se viver.

4.1. Eco Vila

Áreas onde a principal fonte de energia utilizada são fontes limpas de energia tem se tornado cada vez mais comum, e pode-se encontrar eco vilas onde sua produção de energia seja 100% renovável ou mesmo grande parte de sua energia, por todo o mundo. Países como África, Índia, China, Espanha, Alemanha, Dinamarca e muitos outros já utilizam energia solar, eólica, biomassa, energia das marés ou mesmo um conjunto delas para suprir suas necessidades, e em alguns casos armazenar ou vender o excedente energético.

Para exemplificar melhor foi escolhido algumas vilas, distantes de áreas urbanas, que antes de transformarem sua matriz energética, utilizavam óleo como matéria prima para aquecimento do ambiente. Cada país, cada área investe em suas “forças”, adotando a energia limpa mais adequada para a sua região, sendo a influência climática um dos pontos mais determinantes para a escolha da energia. A velocidade dos ventos, a incidência solar ou mesmo a disponibilidade de biomassa são fatores essenciais e determinantes para a implementação e utilização de energias renováveis.

Nos exemplos adotados as vilas ou pequenas cidades possuem seu sistema de aquecimento atrelado ao sistema de cogeração ou de aquecimento distrital, utilizando biomassa como fonte de energia.

- Wildpolsried na Alemanha é um exemplo da utilização do sistema de cogeração como fonte de calor e eletricidade. Esta vila conta com 2500 habitantes e tem 100% da sua demanda energética suprida com fontes renováveis, utilizando-se de diferentes fontes, como energia eólica, solar e o sistema de cogeração (utilizando madeira como fonte de calor). A vila é conectada com a rede de energia (on-grid) isso significa que todo o excedente de sua produção é vendido para o governo, e a vila recebe uma taxa pela produção de energia limpa. A princípio Wildpolsried utilizava a queima de óleo para fornecer o calor necessário para manter e aquecer suas casas, está foi a principal razão por adotar o sistema de cogeração de energia. Em 2005 o aquecimento

utilizando biomassa foi colocado em funcionamento, retirando os aquecedores a óleo. Atualmente o aquecimento de 42 construções são interligadas, incluindo um auditório, uma igreja, um centro comunitário, biblioteca, escola entre outras grandes construções. Um dado fornecido pela vila foi o de economia de 164,278 litros de óleo e o mais relevante para as metas de redução de gás carbono, é que a substituição feita reduziu a emissão de CO₂ em 443,550 Kg/ano (Allen,2011).

- Feldheim é uma pequena vila na Alemanha com 150 habitantes. Ela é a única cidadezinha na Alemanha que começou a sua própria rede elétrica, captando toda a sua energia de fontes renováveis, tanto energia elétrica quanto calor, de fontes renováveis como vento, sol e biomassa. A rede de aquecimento da vila conecta 39 casas privadas, uma fazenda, 3 chiqueiros e estábulos e uma fábrica. O calor fornecido é de 1600 Kw fornecidos por uma usina de biogás e 399Kw é fornecido pela queima de madeira. Esta vila é um exemplo de sucesso no uso exclusivo de fontes renováveis de energia (Rayasan, 2012).
- A ilha de Samsø na Dinamarca, é um exemplo de autossuficiência, ela tem uma área de 114 quilômetros quadrados e é habitada por cerca de 4 mil pessoas. A vila usa turbinas eólicas e painéis solares para gerar toda a eletricidade consumida pelos residentes da ilha, e o aquecimento do local é feito por caldeiras, que são alimentadas por madeira e biomassa com o principal objetivo de diminuir a emissão de gás carbônico (Godoy, 2014).

Estes são alguns exemplos de vilas que se tornaram ou estão se tornando 100% renováveis, utilizando recursos ambientais e matéria prima disponível próximo ao local. A Finlândia e a Suécia são países que utilizam aquecedores a óleo como fonte primária de energia em 1970. Entretanto, em resposta as preocupações com o meio ambiente, mudanças climáticas entre outras, estes países aumentaram a utilização de biomassa.

Essencialmente toda a biomassa utilizada pela Finlândia e pela Suécia são originadas da floresta, porém a utilização de palha, e recentemente reeds está se tornando uma opção bastante atrativa para produção de bioenergia em áreas próximas às “plantações de junco” (Ericsson et al, 2004).

4.2. *Phragmites australis* (Reeds)

Phragmites australis, reed (junco) comum, é encontrado em regiões temperadas por todo o mundo. São hastes lenhosas rígidas e ocas, que possuem aproximadamente 2,54 cm de diâmetro e podem crescer de 1,5 até 4 metros de altura. Esta gramínea é encontrada em águas salobras, águas doces e zonas de grande humidade, crescendo próximos ou mesmo sobre a água (Tucker, 1990).

Esta planta pode ser descrita, nas estações quentes como uma planta perene que tem suas folhas em formato de lança espaçadas e alternadas, que podem variar de 7 a 16 centímetros de comprimento, suas flores (espiguetas) estão presentes no verão. Os rizomas podem se espalhar em cones densos com até 200 hastes por metro quadrado, com a possibilidade de crescimento de 1 a 3 metros abaixo da superfície do solo.



Figura 1: Banco de junco do rio Tay - Escócia

Os reeds (junco) tem sido uma planta muito utilizada em diversos países, provavelmente o uso mais comum deste material era a cobertura de telhados,

como pode ser observado em casas mais antigas situadas na vila de Cottown. Esta planta também pode ser usada como uma forma de sistema de tratamento de água, esgoto, retirada de carbono da atmosfera e também serve como berço para as espécies de pássaros, insetos e mamíferos que vivem na área (Chichester Harbour Conservancy, 2006).

O junco gigante (reeds) produzem sementes para sua reprodução, porém sua forma primária de reprodução é a reprodução vegetativa, realizada pelas raízes subterrâneas. O crescimento da planta ocorre durante a estação quente, o crescimento desta planta inicia quando a camada superficial de gelo começa a descongelar, isso quer dizer, na primavera. A planta atinge sua altura máxima e sua densidade por volta da metade do verão, quando o período de inverno se inicia, e a neve começa a cair, as folhas caem e os caules secam, no entanto o junco ainda permanecera de pé durante todo o inverno.

Com o intuito comercial e também como uma maneira de manter o crescimento dos reeds (junco), eles são cortados anualmente. A colheita dessa vegetação inicia-se em Novembro, período do inverno europeu, e é realizado até Março quando novos brotos começam a crescer e a reprodução de animais silvestres se inicia.

De acordo com o Chichester Harbour Conservancy (2006) os canaviais de junco (reed beds) cresceram principalmente no leste da Inglaterra, como uma planta cultivada com o objetivo de utilizar as plantas como cobertura de casas e construções, no século 17 foi realizado uma grande drenagem para transformar os leitos de rios em terras cultiváveis, o que causou uma diminuição no crescimento e disponibilidade desta planta. Até 2006, a maior área registrada fica situada na Escócia, no estuário do rio Tay, com uma área de cerca de 410 hectares.

No entanto a maior parte da área ocupada pelo junco (reed) é fragmentada, poucas parcelas têm mais de 20 hectares, e algumas tem menos de 1 hectares de área com reed.

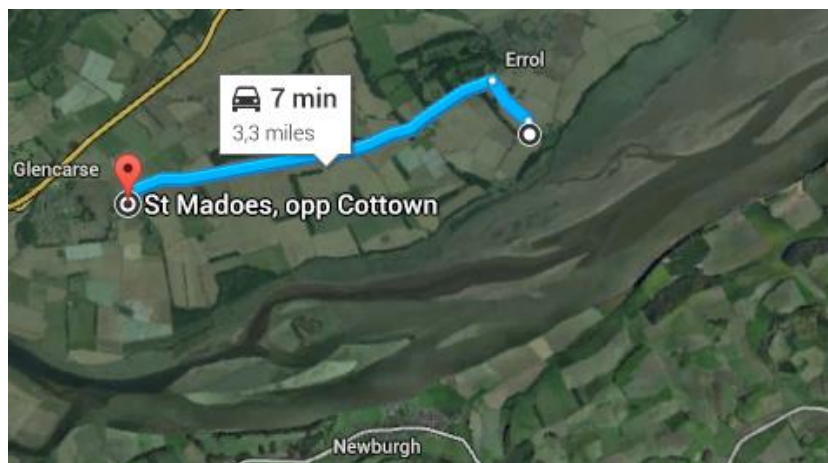


Figura 2: Distância da vila de Cottown até o acesso ao rio Tay.

Com a intenção de utilizar reed (junco) como fonte de energia, em um sistema de cogeração de energia ou no sistema de aquecimento distrital, é necessário verificar a capacidade calorífica com a queima desta matéria prima. Considerando que o uso mais com desta planta não é o de alimentar caldeira, foi necessário compará-la com plantas similares. Para esta comparação, foi usado o capim, que sendo também uma gramínea, pela classificação taxonômica (mesma família), possui um poder calorífico similar, em torno de 3200 kcal/Kg, segundo dados fornecidos pelas indústrias Aalborg.

Adotando o valor de 3200 Kcal/Kg, os seguintes foram feitos, para verificar a energia liberada pela queima do reed (junco).

$$\frac{1 \text{ Kcal}}{3200 \text{ Kcal}} \times \frac{0,001163 \text{ KWh}}{x} = \frac{3,7216 \text{ KWh}}{\text{Kg}} \rightarrow = 0,2687 \text{ Kg/KWh}$$

Para este estudo, verificou-se a área disponível com plantação de junco, para garantir que o suprimento de matéria prima, necessária para suprir a demanda energética, utilizando apenas as áreas próximas a vila de Cottown, nas margens do rio Tay. Para tal afirmação foi considerado a média da demanda total de energia necessária pela vila, e a energia liberada pela combustão do junco (reed). Com este cálculo foi possível fornecer a quantidade média de matéria prima a ser queimada para suprir a necessidade energética do local.

Considerando a demanda de calor como uma prioridade a ser suprida, a quantidade de reed (junco), em quilogramas demandada será de:

Total de Energia para Aquecimento → 753360 Kwh

$$753360 \text{ KWh} * 0,2687 \frac{\text{Kg}}{\text{KWh}} = 202427,832 \text{ Kg}$$

OU

202,5 toneladas.

O uso desta planta como fonte de biomassa pode ser feito de duas maneiras distintas, pode ser utilizado para a produção de biogás, quando usado ainda em seu estado “verde”, ou se a intenção for queima-lo em caldeiras é necessário que essa biomassa passe por um processo de secagem da matéria que segundo Isotalo et al. (1981) é essencial para o processo de combustão, uma vez que o excesso de agua prejudica a queima de matéria orgânica.

Os campos de junco comum (common reeds) tem uma produção estimada em 5 toneladas por hectare por ano. Análises feitas por Silén (2007) diz que a produção média deste material é de 7,6 toneladas no projeto de levantamento de Reed.

Adotando o valor de 5 toneladas por hectare, e uma demanda aproximada de 202,5 toneladas de matéria prima a ser queimada para fornecer o calor necessário para as casas e construções da vila, seriam necessários 40 hectares de reed (junco) para suprir o montante de matéria prima requerido.



Figura 3: Comprimento da plantação de reed, próximo a Cottown

Com o mapa é possível inferir que o comprimento da área ocupada pelo junco (reed) próximo a vila de Cottown é de aproximadamente 6,2 Km.



Figura 4: Largura da área de junco de Port Allan, 7 min de Cottown

Considerando a largura da área de reeds como sendo de aproximadamente 150m, a área total ocupada pelo junco (reed) próximo a vila é de $0,93 \text{ km}^2$ – ou seja 93 hectares de área coberta por *Phragmites australis*.

4.3. Área de Estudo

Cottown é uma vila situada entre Dundee e Perth, Escócia, Reino Unido. Esta região tem uma das maiores concentrações de casas feitas com barro em toda a Escócia. No mapa abaixo é possível visualizar a exata posição do vilarejo (ponto A90 do mapa), Latitude: 56,376892 e Longitude: -3,283185.

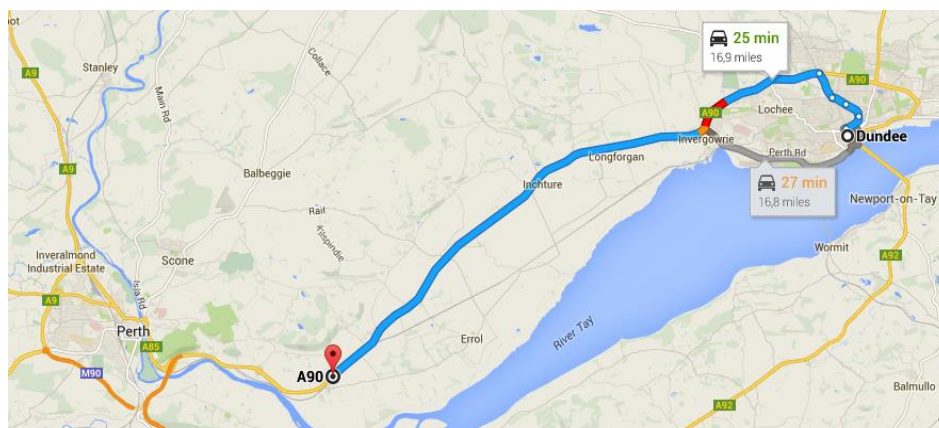


Figura 5: Localização de Cottown - Escócia

Está localizada as margens do rio Tay, o que significa uma grande disponibilidade da biomassa em estudo, uma vez que a região é a mais rica em plantações de reed de todo o Reino Unido. Atualmente a vila conta com uma população de 138 habitantes, e 47 casas. Na figura abaixo é possível ter uma visão geral da vila de Cottown.

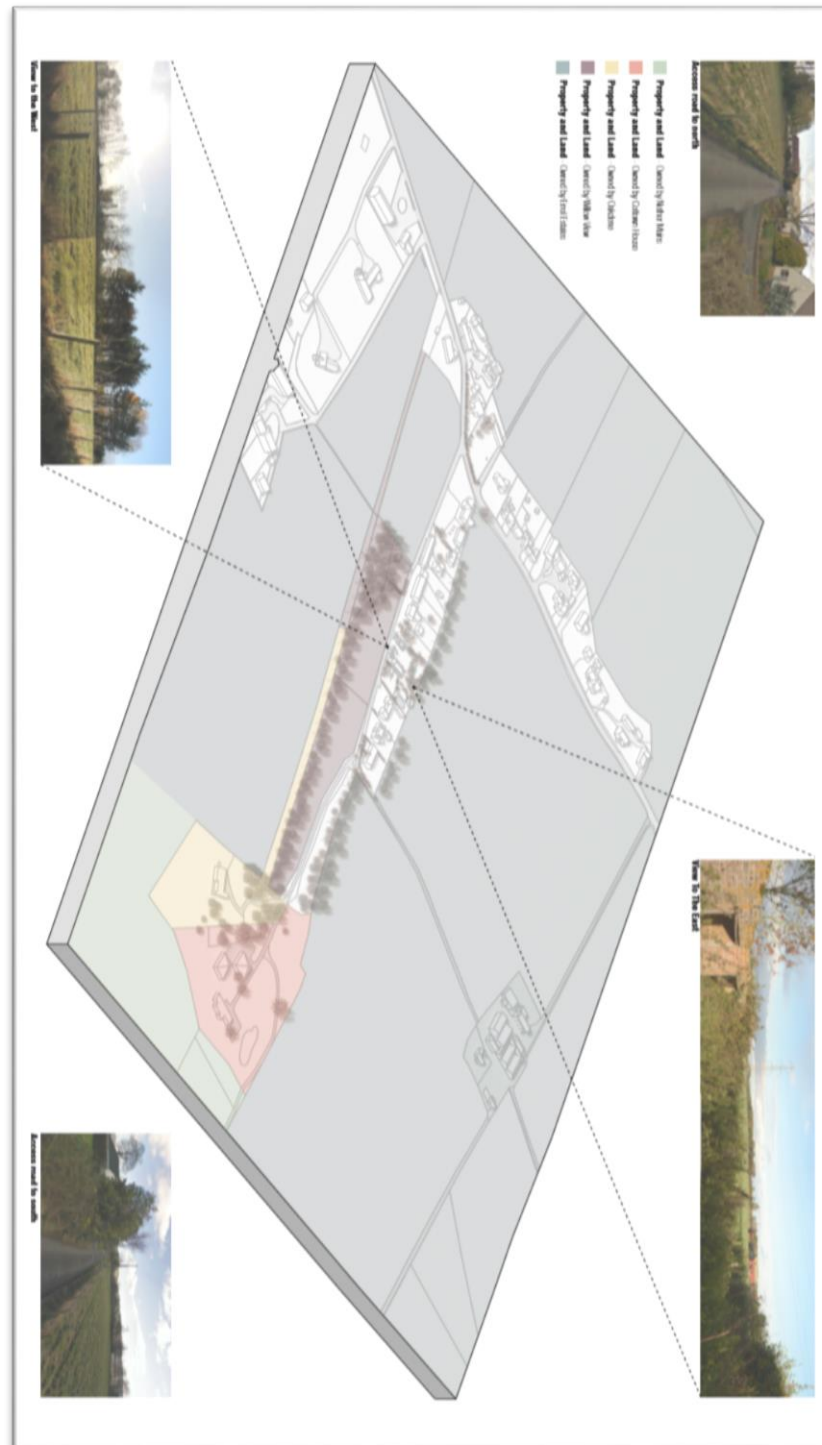


Figura 6: Visão espacial da vila de Cottown

Como é possível observar na imagem, grande parte da área é utilizada para agricultura ou são áreas desocupadas, por ser naturalmente sujeitas a alagamentos.

5. Metodologia

A revisão bibliográfica é uma análise crítica e cuidadosa dos estudos realizados em determinada área do conhecimento. A revisão é uma maneira de explicar e discutir um tema baseado em referências publicadas em livros, revistas, artigos acadêmicos entre outras fontes. Tentando saber e analisar o conhecimento científico sobre o assunto do trabalho (MARTINS, 2001).

Este tipo de pesquisa tem como objetivo colocar o pesquisador em contato com tudo o que já foi dito, escrito e publicado sobre determinado tema (MARCONI e LAKATOS, 2007).

A revisão bibliográfica permite uma abordagem nova, e uma análise diferente sobre um tema, alcançando novas conclusões. Este estudo adotou como estratégia metodológica a revisão de estudos prévios sobre o tema do trabalho. A revisão feita em artigos permitiu que o pesquisador entenda o que outros autores fizeram sobre o mesmo assunto, suas abordagens e resultados, em diferentes localidades.

Como o objetivo do presente estudo é o estudo da viabilidade de instalação de diferentes sistemas de energia, utilizando a biomassa local, para Cottown, foi feito um levantamento bibliográfico de todos os tipos de publicações sobre energia renovável, biomassa, sistema de cogeração, sistema de aquecimento distrital e o uso de reed (junco) como combustível. Sendo assim, a revisão destes materiais permitiu a elaboração deste trabalho, obtendo informações que auxiliaram na conclusão sobre o tema de interesse e possibilitando concluir sobre a utilização de junco como biomassa para a vila de Cottown, assim como a viabilidade de transformar sua atual matriz energética.

Também foram feitas visitas ao local de estudo, que possibilitou a visão geral e espacial da região. Permitindo a análise da estrutura física da vila.

6. Análise energética

O principal objetivo desta parte do projeto é analisar e apresentar alternativas de fontes renováveis de energia, para fornecer e suprir a demanda energética da vila em estudo. Para tanto, com o objetivo de propor a alternativa que oferece a melhor taxa de custo benefício, foi necessário encontrar dados sobre as condições de tempo do local e a disponibilidade de matéria prima, como o consumo energético da região foram informações essenciais.

6.1. Consumo de energia

Para esta análise foi necessário considerar dois tipos de necessidade energética: a energia elétrica e o sistema de aquecimento. A primeira faz com que aparelhos elétricos de uso comum funcionem, tais como geladeira, computadores, ferros de passar, o sistema de iluminação das construções, já o segundo garante o conforto térmico dentro das casas. Para este estudo o total de energia consumida (eletricidade + aquecimento espacial) foi estabelecido como sendo 941700 Kwh por ano, segundo estatísticas fornecidas pelo Governo Escocês (2006).

6.2. Demanda Elétrica

Objetivando definir a demanda média de eletricidade de Cottown, seguindo as estatísticas fornecidas pelo Governo Escocês (2006), foi considerado que o consumo de energia elétrica corresponde a 20% do consumo de energia total de uma casa.

E considerando que um valor razoável para o consumo elétrico de uma casa seja de aproximadamente 12Kwh por dia, pode-se supor que:

$$12 \text{ kWh} * 365 \text{ days} = 4380 \text{ kWh por ano}$$

Sendo Cottown uma vila com 43 casas, a energia elétrica consumida por ano é de aproximadamente 188360Kwh.

6.3. Demanda de Aquecimento

Tendo em vista a localização da vila e o clima no Escócia, a demanda de calor para aquecimento das construções é de extrema importância, uma vez que seria impossível viver com conforto nos meses de inverno. Atualmente a energia necessária para aquecer Cottown é proveniente da queima de óleo. Para estimar o valor em Kwh de energia necessária pela vila, foi adotado o percentual de 80% do consumo total de energia, como foi mencionado pelo Governo Escocês (2006).

Considerando que a média de energia elétrica consumida por uma residência em Cottown é 4380Kwh por ano e que esse valor representa 20% do total de energia consumido, é possível calcular a demanda de calor como sendo:

$$\textit{Demanda de calor (80\%)} = \frac{4380}{0,2} * 0,80 = 17520 \textit{ Kwh/casa}$$

Analisando toda a vila, a demanda de calor deve ser multiplicada pelo número total de casas pertencentes a vila, com isto:

$$\textit{Energia total para Aquecimento} = 17520 * 43 = 753360 \textit{ Kwh}$$

Todos os valores acima foram calculados como sendo um sistema ideal, onde a eficiência do processo é de 100%.

7. Propostas para Geração de Energia

Considerando o perfil estabelecido, o objetivo é analisar a melhor fonte de energia renovável a ser utilizada por Cottown. As opções a serem analisadas são: Sistema de Cogeração de Energia e Sistema de Aquecimento Distrital.

Para a utilização de biomassa como fonte de energia é necessário avaliar a viabilidade e o potencial energético do reed (junco) encontrado na área de estudo.

Para o uso do Sistema de Cogeração ou o Sistema de Aquecimento Distrital é necessário a queima de matéria prima para que a combustão forneça o calor necessário para o funcionamento de ambos os sistemas. Na área de estudo a matéria prima encontrada próximo a localidade é o reed (junco), um tipo de capim que pode fornecer a energia necessária em sua queima. O junco comum (reed) é encontrado nas margens do rio Tay, pode ser chamado de junco gigante, Phragmites entre outros nomes.

7.1. Aquecimento Distrital

Na Escócia e em muitos países por todo o mundo, para o aquecimento e o fornecimento de água quente para as construções é essencial para manter o conforto térmico em determinadas localidades do globo. O conforto e a qualidade de vida dentro das casas e prédios comerciais é básico para a sobrevivência durante o inverno e os meses de frio intenso. Atualmente para satisfazer essa necessidade de calor, a vila de Cottown conta com aquecedores ou lareiras individuais. A pesquisa feita pelo Micro studio (2013) (uma unidade do mestrado da escola de arquitetura da Universidade de Dundee) mostrou que a maioria dos aquecedores usados em Cottown queimas óleo para fornecer calor.

A adoção de aquecimento distrital evita que cada casa tenha seu próprio aquecedor, não sendo necessário que cada casa gere a sua própria energia em

casa. As redes de aquecimento, consiste no fornecimento de calor de uma fonte central de aquecimento, direcionando para as casas e prédios comerciais ligados a uma rede de canos, que carrega água quente ou vapor para toda a vila.

O funcionamento básico de um sistema de aquecimento distrital envolve: a combustão de biomassa para aquecer a água na caldeira, esta água quente irá circular pelos canos por toda a vila, sendo utilizada pelas casas para o aquecimento ou fornecimento de água quente. A troca de calor acontece quando a água quente nos canos, usada para o aquecimento, perde calor pra o ambiente, sendo esfriado por ele. A água “fria” retorna para a caldeira para ser aquecida novamente. Esse processo pode ser melhor compreendido no esquema abaixo:

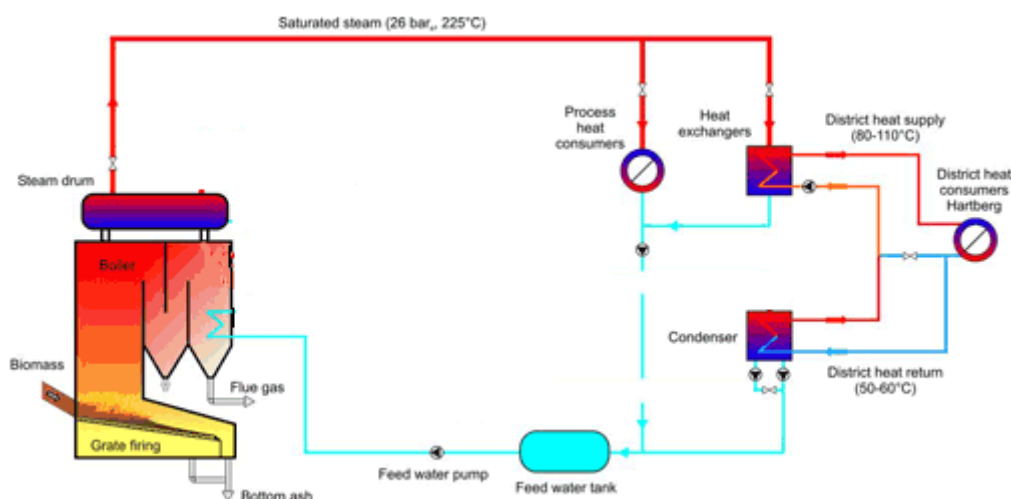


Figura 7: Sistema de Aquecimento Distrital

Para Cottown este sistema poderia suprir a necessidade de aquecimento e de água quente, auxiliando o Reino Unido à atingir seus objetivos de redução de CO₂, uma vez que, de acordo com Thyholt et al. (2008), comparando o aquecimento distrital com o aquecimento individual, o primeiro apresenta uma menor emissão de gás carbônico para a atmosfera.

A Associação Internacional de Aquecimento Distrital afirma que o aquecimento distrital causa menos impactos ao clima uma vez que este sistema de aquecimento reduz a produção e liberação de poluentes e fuligem, partículas finas, dióxido de enxofre e nitrogênio, pela simples realocação de exaustores das

caldeiras individuais para um sistema centralizado de chaminé. Devido ao fato da escala econômica, mais efetiva na prevenção e controle na medição e emissão de gases poluentes, podendo ser mais facilmente implantada em uma estação central.

Para alimentar a caldeira é importante o uso de uma biomassa local como matéria prima, para a vila em estudo, localizada perto das margens do rio Tay, a biomassa a ser adotada é o junco gigante. Um exemplo de uso desta espécie de junco como fonte de energia é as instalações de 3 MW da Usina de Aquecimento Distrital situada em Lake Neusiedl, na Áustria.

Um estudo feito por Ktzier et al (2012) usou o *Phragmites australis* em diferentes concentrações para provar que é possível uso desta planta como uma biomassa, fonte de energia para caldeira. Em seu estudo Ktzier provou que o junco tem um alto potencial energético, e que este pode ser queimado juntamente com pallets de madeira ou mesmo serem queimados isolados (100% junco), sendo apenas realizar algumas alterações no filtro da caldeira, sem que nenhuma perda de eficiência no processo.

A usina de 3 MW de aquecimento distrital utilizada nos testes, fornecia calor para 250 consumidores, utilizando junco ou uma mistura de junco e pallets de madeira para a combustão, depois da caldeira, o vapor e água é transportado pelos canos até o trocador de calor, o trocador de calor fornece ao ambiente o calor necessário, enquanto tem seu fluido resfriado. Todo o processo funciona com controle de emissão de gases.

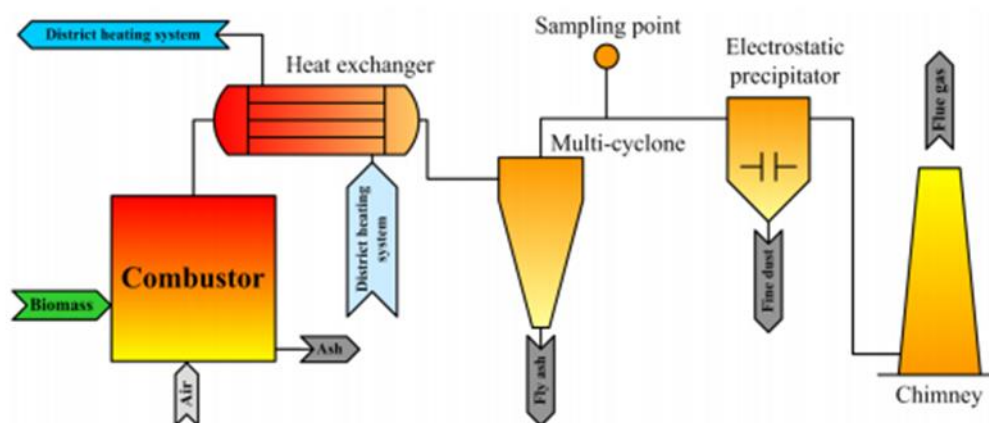


Figura 8: Usina 3 MW de Aquecimento Distrital

O estudo realizado na Áustria mostrou que o junco gigante pode ser classificado como um tipo de biomassa apropriado e assim, como uma matéria prima aceitável na utilização em usinas de aquecimento.

Para dimensionar a caldeira de biomassa necessária em Cottown, foi considerado a eficiência da caldeira, entre outros fatores que interferem na produção de energia. Segundo Vallios et al. (2008) realizando os cálculos a seguir é possível prever as características necessárias pela caldeira, para suprir as necessidades da vila.

A potência liberada, a média da capacidade térmica da caldeira pode ser expressa por $P_{tot} = \frac{Q_{tot}}{T_a}$, onde $Q_{tot} = Q_h =$ carga térmica anual (Kwh). E T_a número de horas de operação. Considerando os valores calculados para demanda de calor para Cottown, e que a caldeira irá trabalhar como uma caldeira de biomassa + agua quente – o ano de operações é mostrado na tabela abaixo.

Tabela 1: Valores padrão para horas de funcionamento total para cadeia de biomassa, Fonte: QM Holzheizwerke

plant type and operation	hours of full load operation
1 biomass boiler – seasonal operation	> 1500
1 biomass boiler + hot water accumulator - whole year operation	> 2000
1 biomass boiler (basic load) + 1 oil boiler (peak load)	> 3000
2 biomass boilers – whole year operation	boiler 1 base load: > 4000
	boiler 2 peak load: > 2000

$$P_{tot} = \frac{753360}{2000} = 376,68 \text{ KW}$$

Além disso, a eficiência geral é derivada de $\eta_t = \eta_k \eta_{\delta}$, onde η_k é a eficiência da caldeira dada pelo fabricante (a eficiência foi considerada como um

padrão, em 85%); $n_{\bar{d}}$ é a eficiência da rede de aquecimento distrital (valor adotado para a eficiência da rede de distribuição é de 85%). Então a potência da caldeira é $P_{\text{boiler}} = \frac{P_{\text{tot}}}{n_{\bar{d}}}$.

Tendo em mente os valores previamente calculados e a eficiência adotada, a potência da caldeira será:

$$P_{\text{boiler}} = \frac{376,68}{0,7225} = 521,36 \text{ Kw}$$

Com base nas considerações, é possível estimar o tamanho da caldeira, que leva a um investimento correto, diminuindo custos e aumentando a eficiência. De acordo com os cálculos efetuados, a caldeira necessária para suprir a demanda de calor pela vila de Cottown é uma caldeira que produza no mínimo 522 Kw.

Com as informações sobre a demanda energética, é possível calcular o consumo médio de biomassa pelo sistema de aquecimento distrital. Os cálculos mostrarão o consumo de biomassa em toneladas por ano necessárias para os valores já encontrados.

O consumo anual de biomassa pode ser determinado por $m_{f,a} = \frac{Q_{\text{tot}}}{n_{\bar{t}} \text{NHV}}$, onde NHV é o valor de aquecimento pela biomassa escolhida, e m_f é o consumo de biomassa em (ton/ano).

$$m_{f,a} = \frac{753360}{0,7225 * 3,7216} = 280,18 \text{ ton/ano}$$

É possível perceber que o total de biomassa necessário para a caldeira, quando considerado as eficiências durante os cálculos, é superior ao resultado encontrado anteriormente, baseados apenas em uma visão geral do sistema. Houve um aumento de 38,4% no total de massa de junco gigante (reed), o que significa que a área a ser utilizada passa a ser de 56 hectares.

7.2. Análise do Sistema de Cogeração

Cogeração ou combinação de calor e energia é o uso de um motor de calor ou uma estação de energia que gera simultaneamente eletricidade e calor útil. De acordo com o IFC International Company (2008), turbinas a vapor geram energia elétrica a partir do calor (vapor de água) produzido na caldeira, a energia produzida na caldeira é transferida para a turbina pela alta pressão do vapor, essa transferência em alta pressão por sua vez alimenta as turbinas e o gerador.

Essa separação de funções possibilita a turbina a vapor operar com uma grande variedade de combustíveis, incluindo gás natural resíduos sólidos, carvão, madeira, e subprodutos agrícolas, todos podendo ser classificados como biomassa ou biocombustíveis.

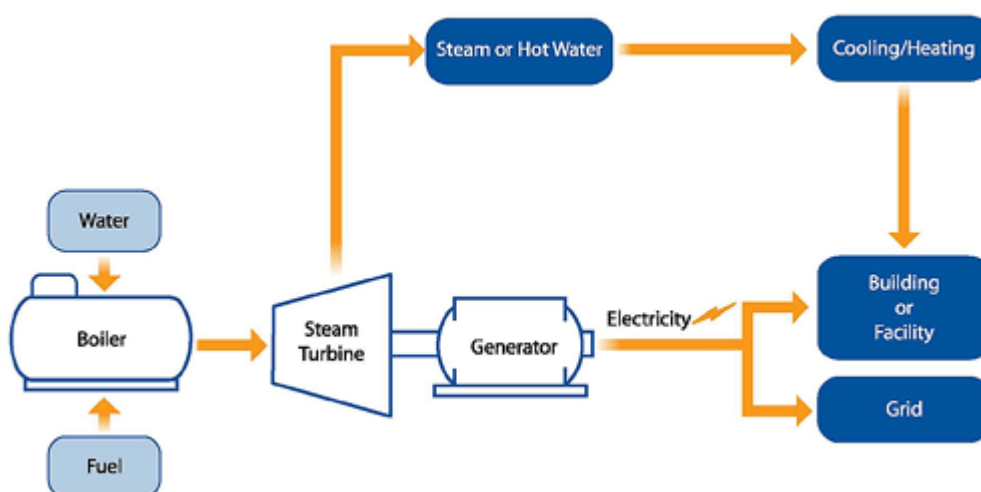


Figura 9: Sistema de Cogeração de energia

Para esta pesquisa, o Sistema de Cogeração adotado para o estudo foi o Sistema de Cogeração com turbinas a vapor, queimando biomassa como combustível. A combustão da biomassa gera calor, produzindo vapor d'água. O vapor superaquecido passa pela turbina gerando energia elétrica. Ao mesmo tempo, o vapor saturado é mandado pelos canos para suprir o aquecimento distrital.

Sistema de Cogeração é considerado uma tecnologia de produção de calor e energia elétrica e térmica com uma boa performance em relação a

disponibilidade, custos e possíveis impactos gerados ao meio ambiente. A adoção da Cogeração é considerada um investimento economicamente positivo, que também apoia as políticas governamentais em relação a diminuição na emissão de gás Carbônico entre outros gases poluentes (SHIPLEY et al., 2008).

Muitas cidades e campus universitários no Reino Unido possuem o sistema de cogeração com turbinas de vapor, como acontece na vila de Widpolsried na Alemanha ou mesmo o sistema de aquecimento utilizado pela Universidade de Dundee, onde adicionando uma turbina entre a caldeira e o sistema de distribuição transforma o sistema de aquecimento simples em um sistema de cogeração.

Naturalmente uma caldeira é capaz de produzir vapor em pressão moderada mas para a distribuição na rede de canos é necessário apenas vapor em baixa pressão. Neste caso, a turbina de vapor utiliza, para produzir energia elétrica, o vapor em pressão alta pressão, e libera vapor em baixa pressão na rede de distribuição.

A eficiência do Sistema de Cogeração é baseado em aproximações, a gama de eficiência térmica varia entre 70% e 85% variando de acordo com a fonte de energia (DORNBURG e FAAJ, 2001).

Sendo uma estimativa, a eficiência adotada para os cálculos será a de 80%, e será considerando que 60% da energia produzida é calor e 20% é eletricidade. Portanto, com os valores adotados, e iniciando os cálculos considerando demanda total de calor por Cottown, é possível estimas a massa total de junco gigante (reeds) necessária para suprir a demanda da vila.

$$\frac{\text{demanda total de calor } 753360 \text{ Kwh} \rightarrow 60\%}{x \rightarrow 80\% \text{ (eficiencia do sistema)}}$$

A energia transformada em calor e eletricidade é de 1004480 Kwh, entretanto, considerando as perdas de energia pelo processo, o total de energia necessário durante a queima será de:

$$\frac{1004480 \text{ Kwh} \rightarrow 80\%}{x \rightarrow 100\%}$$

O novo valor encontrado é de 1255600 Kwh, considerando o poder calorífico do junco (reed) como sendo de 0,2687 Kg/Kwh, a massa total de junco gigante necessária para combustão e produção de energia será de:

$$1255600 \text{ Kwh} * 0,2687 \frac{\text{Kg}}{\text{Kwh}} = 337379,72 \text{ kg} \rightarrow 337,5 \text{ tons}$$

A energia considerada corresponde a 100% da energia produzida, sem perdas para o ambiente, para garantir que a biomassa queimada fornecerá toda a energia necessária para o sistema. Segundo o estudo realizado pela Universidade de Turku, pode-se adotar uma média de 5 toneladas de junco gigante por hectares, a área total de junco usada por um Sistema de Cogeração para suprir a necessidade de aquecimento será de 67,5 hectares.

8. Análise da cadeia energética do Reed

Quando escolhido o junco gigante (reeds) como fonte de energia, existem alguns aspectos da planta que devem ser considerados, uma vez que o uso não estudado e bem observado deste vegetal pode prejudicar no processo. A mistura da massa de junco, o valor calorífico, a densidade do material, as cinzas liberadas, e as propriedades das cinzas produzidas devem ser levadas em consideração.

Existe também propriedades técnicas do processo de combustão envolvidos na qualidade do combustível, como a densidade do material e o efeito desta densidade na alimentação da caldeira, possivelmente necessitando de um pré-processamento, a fuligem (cinzas) do combustível e seus componentes pode causar a corrosão do incinerador. Devido ao fato do junco gigante (common reeds) possuir uma baixa densidade (material leve), a combustão desse material isoladamente, devido sua baixa densidade pode causar um superaquecimento dos fornos, assim a mistura desse material com outros de maior densidade como pallets de madeira ou outras misturas traz benefícios durante a combustão, pois os fornos são desenhados e construídos para queimar matéria prima mais “pesada”. Outro fator relevante é o transporte da matéria prima, que normalmente não são projetados para transportar matéria prima de baixa densidade, e matérias leves, desta forma a eficiência do transporte diminui, pois corre-se o risco do sistema de transporte não suprir a necessidade do forno na velocidade que ele demanda (KOMULAINEN et al., 2008).

O estudo realizado pela Universidade de Turku, Reed Energy (energia do junco gigante), mostra que o grande volume de fuligem produzida pela queima desta planta (ca. 4%) é um problema para a incineração, pois as cinzas diminuem o valor de calor, e de combustão e a performance da superfície do incinerador e pode apresentar problemas ambientais. O total de cinzas produzido sofre alterações de acordo com a variação do clima, no inverno a fuligem produzida é menor do que o montante produzido durante o verão. A quantidade de oxido de silício (sílica) é maior durante o inverno e a quantidade de oxido de potássio é menor devido ao fato de que no inverno a planta encontra-se mais

seca, e suas características são diferentes das encontradas na mesma planta durante o verão.

8.1. Corte da planta

A colheita do junco gigante (common reeds) pode ser feita, para a produção de energia, em duas estações distintas, durante o inverno, quando a planta é colhida em estado já seco, e usada para queima em caldeira. Ou a colheita pode ser feita durante o verão, quando a biomassa ainda verde é colocada em biodigestores para a produção de biogás. Para Cottown o interesse principal é a utilização da matéria prima para combustão, já seca, para tanto o presente estudo foca na colheita do junco realizada no período de inverno, nos métodos adotados e nos custos durante esta fase da planta.

Para o uso do junco gigante com o propósito de queima é importante considerar a mistura contida na massa de junco (reeds), a biomassa seca é mais eficiente e libera mais calor, para isto o melhor período de colheita é Março a Abril. Durante o início do inverno, o percentual de umidade da biomassa é menor, e a colheita deve ser feita ao meio dia, quando a umidade já evaporou (KOMULAINEN et al, 2008).

8.1.1. Equipamento e maquinário para colheita

Tendo em mente que o junco gigante cresce em áreas bastante distintas, variando entre áreas alagadas, até áreas de terra seca, e que a colheita pode ser realizada em diferentes épocas do ano (verão e inverno) para tanto cada situação exige diferentes equipamentos. O que realmente define a escolha do equipamento a ser utilizado são as técnicas de colheita, geralmente visando o melhor custo-eficácia. De acordo com Komulainen et al. (2008) o custo-eficácia depende de:

- Custo de corte e transporte

- Rendimento do trabalho
- Perdas durante a colheita (vaiando entre 20-30%)

O fator essencial durante o corte do junco gigante (reeds) é o peso da máquina utilizada e a superfície de pressão das rodas contra o solo. Na Finlândia, o maquinário sobre rodas apresenta o melhor custo-eficácia levando em consideração o transporte entre o campo de colheita do junco e o local a ser incinerado. Para o corte realizado durante o inverno, Komulainen et al. (2008) apresenta opções como o cortador em disco, o vagão de auto carregamento ou uma prensa como ferramentas para o corte do reed (junco).

Para a aérea de estudo o melhor custo-eficácia, que reduz o número de maquinário necessário e o número de viagens a serem realizadas, a colheita pode ser feita com um triturador de precisão ligado a um trator. O triturador joga o junco picado direto em um vagão atrás dele. A máquina que pode ser usada é a conhecida como Wetland Harvester, desenvolvida na British Loglogic, e foi desenvolvida especialmente para colheitas em áreas que necessitam de baixa pressão superficial e após a roçada, a biomassa de junco (reeds) é picada em pequenos pedaços que variam de 1-4 cm de comprimento, e desta forma pode ser colocado no incinerador.

A razão pela qual esta parece ser a melhor opção é pelo fato de que a densidade do junco picado é significativamente melhor do que um fardo da mesma biomassa. A desvantagem deste método é o custo do transporte do material picado. Entretanto, como a área de plantação de junco gigantes localiza-se próximo a vila de Cottown, e a distância de transporte é aproximadamente 5,5 km, por essa razão a desvantagem em relação ao transporte não se aplica, uma vez que a distância é baixa.

8.2. Pré-processamento

Existem diferentes formas de usar a massa de junco como fonte de energia. Ela pode ser usada: picada e misturada com grãos, lascas de madeira, pallets, briquetes ou quando ainda verde, usado para produção de biogás.

Considerando que a quantia de biomassa de junco gigante (reed) exigida por Cottown é pequena, das opções dadas acima, uma com a melhor perspectiva de custo-eficiência são descritas abaixo.

8.2.1. Corte (Colheita)

O estudo realizado pela Universidade Turku de Ciências Aplicadas, sobre a perda de reed (junco) durante o corte, para este estudo foram testados diferentes equipamentos, que cortam o junco em tamanhos distintos. Usando a cortadeira destinada para madeira, o junco foi cortado em pedaços variando de 3-10 cm de comprimento, em outro equipamento, usando um cortador ligado a um trator, obteve-se pedaços menores de junco, variando entre 20-500 mm de comprimento. Cortando o junco gigante ainda verde (úmido) o corte mostrou-se mais eficiente com o tamanho variando entre 20-50 mm.



Figura 10: Junco gigante picado

O reed (junco) picado é uma parte essencial do processo para garantir o sucesso da queima dessa biomassa. Fazendo uma provisão com Cottown, e o investimento necessário para secar o junco, a melhor alternativa é a adoção do método de corte com a cortadeira associada ao trator, que corta a biomassa a matéria já seca, uma vez que a variação de tamanho do junco é aceitável para minimizar os problemas de densidade do material.

8.2.2. Fardos e fardos esmagados

O equipamento responsável pelo fardo está equipado com um cortador, que corta o junco em pedaços de 5-10cm de comprimento. Para o sucesso na combustão do Junco Gigante (Common Reed) ele precisa ser picado em pedaços menores que 5 cm de comprimento, apresentando problemas com a formação de fuligem. Contudo fardos são mais fáceis de transportar, e o espaço necessário para seu armazenamento é menor comparado com o junco picado.



Figura 11:Fardo de junco gigante

A facilidade no armazenamento de fardos para a vila de Cottown é uma vantagem, uma vez que o espaço disponível para futuras construções é limitado.

8.3. Transporte e Armazenamento

O transporte da massa de junco depende basicamente da distância e da densidade do material. Segundo Komulainen et al. (2008), para um transporte economicamente viável, a distância deve ser no máximo de 90-120 Km, dependendo da qualidade do material, no caso em estudo, o junco picado a curtas distancias é mais interessante do que os fardos, mesmo com a sua baixa densidade. O junco picado pode ser facilmente misturado com outras biomassas no processo de incineração. O baixo potencial energético também pode

encarecer o transporte uma vez que será necessária uma maior quantidade de matéria prima.

Uma estratégia adotada pela Finlândia e pela Estônia foi diminuir a distância entre a plantação e a possível instalação da usina com o objetivo de minimizar o custo com transporte. Para Cottown a distância entre a plantação e a vila é um aspecto positivo para a escolha da matéria prima.

Outro aspecto importante na cadeia logística do uso de Reed (junco) para a geração de energia é o armazenamento do material. Para escolher a melhor opção, visando o melhor custo-benefício, é necessário definir a forma da matéria. O armazenamento de material picado exige um armazém grande, sendo não sendo considerado uma opção muito econômica, quando não se tem silos previamente construído, uma vez que 1 Mwh de energia necessita de 7.6 m³ de espaço para ser armazenado. Enquanto fardo do mesmo material necessita de um volume de 1,5 m³ (KOMULAINEN et al, 2008).

A utilização de junco gigante como fonte de energia na Finlândia é algo comum, de acordo com Komulainen (2008), no estudo realizado pela Universidade de Turku, os fardos de junco deixado sem plataformas e cobertos com lona, é uma maneira eficiente de armazenamento pois a umidade presente na biomassa, mesmo deixada ao ar livre, não interfere na combustão, e ainda pode ser acrescida ao vapor d'água utilizado para o aquecimento distrital.

Logo para a definição do tipo de armazenamento depende da área disponível para instalação da usina e outras estruturas necessárias para manter o funcionamento da mesma.

8.4. Incineração

No projeto "Reed strategy in Finland and Estonia", realizado pela Universidade de Turku, foram realizados testes de incineração em diferentes tipos de forno, sendo considerado usinas de tamanho pequeno e grande. Também foram realizadas observações sobre o transporte da biomassa pelo transportador até o forno, e sobre as propriedades do material incinerado.

Para a queima de combustível sólido, os fornos mais comumente encontrados são: grid burning e o fluidized bed burning. O primeiro é um forno pequeno que atinge no máximo 15 MW, o segundo é usado em maiores escalas e utiliza um método de injeção de ar por debaixo do material incinerado, fazendo com que o mesmo “flutue”, desta maneira o material pode ser queimado com maior facilidade e por igual em toda a superfície.



Figura 12: Flat grid burning

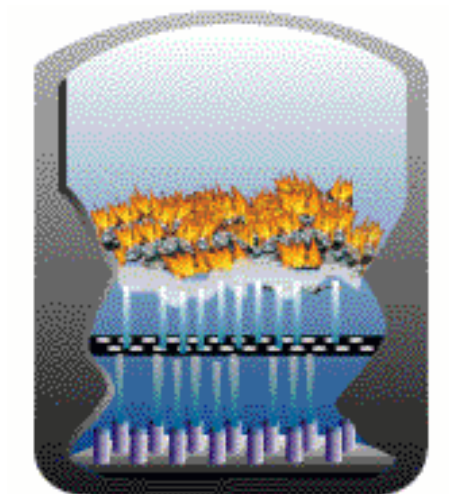


Figura 13: Fluidized bed burning

O problema em utilizar o *Phragmites australis* como fonte de energia parece ser o comprimento do mesmo quando picado, pois para que possa ser queimado sem maiores problemas, de forma eficiente, não causando bloqueio na circulação de ar do equipamento, ele deve ter no máximo entre 3-4 cm de comprimento, outro problema é a fuligem formada durante a combustão, devido ao alto teor de lignina presente nessa planta.

O junco seco e picado, por exemplo, aumenta a temperatura de combustão, não sendo aconselhado o uso isolado dessa biomassa, por questões de segurança e manutenção dos equipamentos da usina, que são projetados para trabalhar em temperaturas inferiores.

A pesquisa realizada pela Universidade de Turku, conclui que a melhor forma de utilização do junco (reed) é misturando o mesmo a biomassa de maior densidade, como pallets de madeira por exemplo, sugerindo uma mistura que pode variar de 30-70% de junco. Com essa taxa de mistura, diminui-se o gasto com a compra de biomassa, uma vez que o reed é naturalmente disponível e a quantidade de madeira é reduzida, aumenta-se a temperatura durante a combustão, de forma controlada e contribui com a diminuição de gás carbônico liberado na atmosfera.

9. Aspectos Ambientais sobre o uso do *Phragmites australis*

O equilíbrio ambiental na energia proveniente do junco (reed) baseia-se no consumo de energia, e nas emissões geradas durante as fases de produção e os efeitos indiretos do uso dessa energia sobre o meio ambiente.

9.1. Dióxido de Carbono

A queima de combustíveis de qualquer espécie libera dióxido de carbono para a atmosfera, em sua combustão. No uso de fontes de bioenergia no balanço de retenção de dióxido de carbono, pressupõem-se que a quantidade de dióxido de carbono retida pela planta no processo de fotossíntese seja a mesma a ser liberada durante a queima dessa biomassa. Sendo o junco comum um biocombustível, a quantidade de CO₂ emitida para a atmosfera é menor, auxiliando na redução de emissões de gases responsáveis pelas mudanças climáticas, sendo um bom substituto para combustíveis fósseis (KOMULAINEN et al, 2008).

Alguns locais, como a vila de Cottown o sistema de aquecimento é alimentado por óleo. Neste caso o uso de biomassa diminui a utilização desse combustível fóssil, e de acordo com o estudo realizado pela Universidade de Turku, um hectare de junco gigante substitui aproximadamente 2 mil litros de óleo, que deixam de ser queimados, e ao mesmo tempo reduz a emissão de CO₂ em quase 6 toneladas.

9.2. Balanço de Energia

Quando considerado o uso de biomassa como fonte de energia, é necessário considerar todos os aspectos envolvidos no processo de obtenção, processamento e queima, e também toda perda de energia durante o mesmo. O estudo realizado mostrou que a utilização de bioenergia quando em pequena escala tem um abalço positivo de energia. A energia consumida durante o processo é menor que a energia produzida pela combustão de biomassa. Para a cadeia energética de produção do junco gigante (Common Reeds), a energia produzida é em torno de 5,8%.

Tendo em mente que o balanço de energia também depende do uso de fertilizantes, a utilização da matéria prima proposta torna-se ainda mais interessante uma vez que a mesma não necessita de qualquer forma de cultivo, e já se encontra em seu habitat natural.

10. Custo-benefício da utilização de Reed

O custo de produção de Reed (junco) como biomassa é baseado apenas no processo de corte, armazenamento, transporte e queima. Houve muita dificuldade em encontrar dados sobre os custos de produção do junco gigante, porém, considerando os custos de corte de uma planta similar, o Reed Canary Grass, é possível estimar e analisar os custos da colheita por área.

Tabela 2: Custos calculados para Reed Canary Grass (Pahkala yw. 2005, 29)

Round baling. Harvesting with contractor scale machinery.								
Work phase	Work machine	Acquisition price VAT 0%	Use h/ year	Write-off period years	Machine labour h/ha	Human labour h/ha	Cost €/h €/ha	
Field chopping	Towable, 3,2m	14700	140	6	0,43	0,64	39,5	25,1
Baling	bale netting	25400	215	6	0,64	0,98	42,65	41,59
Transfer of bales into interim storage	Front loader, bale clamp	1500	85	8	0,36	0,50	17,63	8,82
Sum total					1,43	2,11	99,75	75,47

Os valores apresentados devem ter sofrido aumento, uma vez que as informações apresentadas são do ano de 2005. No entanto, é possível supor um valor aproximado de custos de produção para o Common Reed. O valor de produção desta biomassa aumenta de acordo com a distância a ser transportada até o destino final.

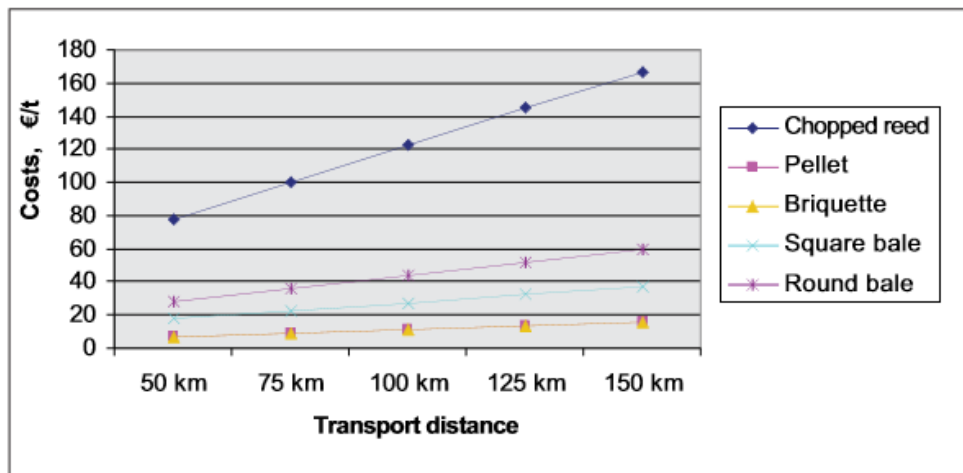


Figura 14: Custo do transporte por caminhão

Outro aspecto que pode interferir na utilização de junco gigante como bioenergia é a emissão de CO₂ durante o processo de transporte da biomassa. Se durante o processo de transporte as emissões de dióxido de carbono ultrapassarem o que deixou de ser lançado para a atmosfera pela queima deste biocombustível sólido, significa que a utilização deste recurso deixa de ser interessante pois não é mais um combustível de emissão zero, ou neutra.

11. Conclusão

Analisando todas as referências e estudos realizados sobre o uso de Common Reed como bioenergia, e considerando que não foi possível realizar uma análise profunda sobre os reais custos de produção, é inserto afirmar qual seria a melhor opção a ser adotada, quando falando da instalação de um sistema de cogeração e ou aquecimento distrital, para suprir a demanda energética da vila de Cottown.

Como a mudança realizada em toda a vila, deveria ser feita pelos moradores, sem qualquer apoio governamental, o custo de instalação dos canos e da usina é alto, e pelo fato do junco comum não poder ser queimado isoladamente, haveria um custo fixo com a compra de outra biomassa para realização da mistura a ser queimada. Não configurando-se como um investimento favorável.

Porém quando analisando as casas e construções de maneira isolada, os custos referentes a instalações deixam de ser considerados, pois não haveria a necessidade de instalação de canos e usina. Os aquecedores permaneceriam da forma que são, individuais, sendo apenas necessária uma mudança no incinerador, que passaria a queimar biomassa ao invés de óleo. Esta opção é uma mudança significativa em relação a meteria prima utilizada, que passa a ser menos poluente e se mostrou uma opção economicamente viável.

Os benefícios ambientais parecem, até o presente momento, ser a razão principal para a mudança no atual sistema de aquecimento da vila de Cottown. É possível pedir uma compensação para o governo do Reino Unido pela utilização de bioenergia, e contribuição para a redução nas emissões de dióxido de carbono, contudo, até o momento não é certo que o uso de biomassa será considerado ambientalmente correto, pois o governo ainda realiza estudos e discussões sobre a adoção de biomassa como energia limpa.

Referências

AHM SHAMSUZZOHA, A GRANT, J. CLARKE, **Implementation of renewable energy in Scottish rural area: a social study**, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16 (1) (2012), pp. 185–191

ALLEN C. **A Rural Farm Model For A Green Economy: German Village Achieves Energy Independence ... And Then Some**, *BioCycle*, Vol 52, No 8, p. 37, Aug 2011.

ANDREWS D. **"Carbon footprints of various sources of heat – CHPDH comes out lowest | Claverton Group"**. Claverton-energy.com. Retrieved 2011-09-25.

DORNBURG V. , A.P.C. FAAIJ, **Efficiency and economy of wood-fired biomass energy systems in relation to scale regarding heat and power generation using combustion and gasification technology** ,*Biomass Bioenergy*, 21 (2) (2001), pp. 91–108

ERICSSON K., *et al.*, **Bioenergy policy and market development in Finland and Sweden**, *Energy policy*, 32 (2004), pp. 1707–1721
Holzheizwerke QM : Band 4 – Planungshandbuch, 2. edition, Straubing, C.A.R.M.E.N.e.V., 2008.

HOUSTON C., GYAMFI S. AND WHALE J., **Evaluation of energy and renewable energy generation opportunities for small-scale dairy farms: A case study in Prince Edward Island, Canada**, *Renewable Energy*, vol. 67, pp 20-29, Oct. 2013

ISOTALO, I., KAUPPI, P., OJANEN. T., PUTTONEN.P. AND TOIVONEN. H, 1981. **The common reed as an plant. Assessed yield, technical possibilities and environmental protection**. Bulletin 210. Water Administration. (in Finish)

KITZLER, H., PFEIFER, C. & HOFBAUER, H. (2012) **Combustion of reeds in a 3 MW district heating plant**. *International Journal of Environmental Science and Development*, 3(4), 407–411.

MARCONI, M.A. & LAKATOS, E.M. **Técnicas de pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, amostragem e técnicas de pesquisas, elaboração, análise e interpretação de dados**. 6ª edição, São Paulo: Atlas, 2007.

MARTINS, G.A & PINTO, R.L. **Manual para elaboração de trabalhos acadêmicos**. São Paulo: Atlas, 2001.

NEVES D., C.A. SILVA, S. CONNORS, **Design and implementation of hybrid renewable energy systems on micro-communities: a review on case studies**, *Renew Sustain Energy Rev*, 31 (2014), pp. 935–9467

ROSA, A. V. **Renewable Energy Process**. Third Edition. 2013.

ROSEN M.A., M.N. LE, **Efficiency analysis of a process design integrating cogeneration and district energy**, A.B. Duncan, J. Fiszdon, D. O'Neal, K. Den Braven (Eds.), Proc. ASME Advanced Energy Systems Division, AES-vol. 36ASME, New York (1996), pp. 473–480

SILÉN, H, 2007. **The possibilities of harvesting the Common Reed for bio energy and construction use on the coastal area of Southern Finland. Bachelor's thesis, Turku University of Applied Sciences, Sustainable Development.** (in Finnish)

SILVIA MTC (2009) **Análise do balanço entre sequestro e emissão de CO2 resultante do circuito de produção e consumo de biomassa florestal numa central de co-geração.** Master Thesis. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Lisbon

THOMSON S., B. Duggirala, **The feasibility of renewable energies at an off-grid community in Canada**, Sustain Energy Rev, 13 (2009), pp. 2740–2745

THYHOLT M., A.G. HESTNES **Heat Supply To Low-Energy Buildings In District Heating Areas: Analyses Of Co₂ Emissions And Electricity Supply Security, Energy And Buildings**, 40 (2) (2008), pp. 131–139

TUCKER, G. C. 1990. **The genera of Arundinoideae (Gramineae) in the southeastern United States.** Journal of the Arnold Arboretum 71:145-177

VALLIOS I., T. TSOUTSOS, G. PAPADAKIS, **Design of biomass district heating systems**, Biomass Bioenergy, 33 (4) (2009), pp. 659–678

WEIS T. M. AND A. ILINCA, **“Assessing the potential for a wind power incentive for remote villages in Canada,”** Energy Policy, vol. 38, no.10, pp. 5504–5511, Oct. 2010

Technology Characterization: Steam Turbines,
http://www.epa.gov/chp/documents/catalog_chptech_steam_turbines.pdf,
 accessed 2014.

http://www.conservancy.co.uk/uploads/user_documents/reedguide_000.pdf
 assessed by 2014

[http://www.fs.fed.us/database/feis/plants/graminoid/phraus/all.html#SEASONAL DEVELOPMENT](http://www.fs.fed.us/database/feis/plants/graminoid/phraus/all.html#SEASONAL_DEVELOPMENT) assessed by 2014

www.aalborg-industries.com.br assessed 2014

<http://www.worldenergy.org/documents/congresspapers/20.pdf> (importante para meio ambiente) assessed by 2014

<http://itsoureconomy.us/2011/08/a-rural-farm-model-for-a-green-economy-german-village-achieves-energy-independence-%E2%80%A6-and-then-some/>, assessed by 2014

http://www.galingpook.org/main/images/gpic_presentations/Day1_AM_Plenary_1Germany_Knape.pdf, assessed by 2014

<http://www.spiegel.de/international/germany/a-power-grid-of-their-own-german-village-becomes-model-for-renewable-energy-a-820369.html>, assessed by 2014

<http://www.ipsnews.net/>, assessed 2014

<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php#> , assessed 2014

<http://tools.decc.gov.uk/cgi-bin/nre/noabl1.pl>, assessed 2014

International district energy association, available:
<http://www.districtenergy.org/what-is-district-energy/>, assessed 2014.

The department of Energy & Climate change
<https://www.gov.uk/government/organisations/department-of-energy-climate-change>, assessed 2014