

Biomassa: Os avanços recentes e uma comparação entre gerador de biomassa e gerador diesel com *Homer Pro Tool*

Biomass: Advances Recent and a Comparison between Generator Biomass and Generator Diesel with Homer Pro Tool

MANSILHA, Marcio B. [1](#); FARRET, Felix A. [2](#); ROSA, Leandro C. [3](#)

Recibido: 22/02/2017 • Aprobado: 11/03/2017

Conteúdo

- [1. Introdução](#)
- [2. Metodologia](#)
- [3. Resultados](#)
- [4. Conclusões](#)

[Referências bibliográficas](#)

RESUMO:

Este artigo discute questões relacionadas com a biomassa. No início são traçadas observações sobre a teoria existente. Posteriormente, analisa os recentes avanços globais no tema, bem como os limites da tecnologia. Serão objeto de estudo uma comparação entre gerador de biomassa e gerador a diesel com o software Homer Pro 3.2.3, para uma carga elétrica residencial.

Palavras-chave: biomassa, bioenergia, energia alternativa, energia renovável, Homer Pro.

ABSTRACT:

This article discusses issues surrounding biomass. At first are traced brief remarks about the existing theory. Subsequently, it analyzes the recent global advances in the topic as well as the limits of technology. Will be object of study a comparison between biomass generator and diesel generator with Homer Pro 3.2.3 software, for an electrical load residential.

Keywords: biomass, bio-energy, alternative energy, renewable energy, Homer Pro tool.

1. Introdução

O presente artigo aborda questões envolvendo a biomassa. Num primeiro momento são traçadas breves considerações a respeito da teoria existente. Posteriormente, analisam-se os recentes avanços mundiais no tema, bem como os limites da tecnologia. Também é objeto do estudo uma comparação (simulação) entre gerador biomassa e gerador diesel com software Homer Pro 3.2.3 para uma carga elétrica com perfil residencial. A pesquisa se justificativa por permitir fazer uma avaliação da viabilidade técnica e econômica entre duas opções tecnológicas.

1.1. Biomassa

Nesta seção serão apresentados a teoria a respeito da biomassa, os recentes avanços, os limites da tecnologia, uma breve descrição sobre gerador a óleo diesel, dados práticos da biomassa no mundo.

A. Teoria a respeito da biomassa

Consideram-se biomassas todos materiais que têm a propriedade de composição por efeito biológico, através da ação de bactérias (FARRET, 2014). A biomassa é uma fonte guardada de energia solar inicialmente coletada das plantas durante o processo de fotossíntese onde o dióxido de carbono é capturado e convertido em materiais principalmente na forma da celulose, hemicelulose ou lignina (BILGILI; OZTURK, 2015). Há diversos estudos envolvendo o uso da biomassa. Na União Europeia o estímulo ao uso de energias renováveis é um dos maiores objetivos políticos e espera-se que em 2020 mais de 20% do consumo da energia final deverá ser suportado por energias renováveis. O uso da biomassa é considerado o maior componente de energia renovável especialmente para a produção de energia térmica ou combinando-se térmica e elétrica (ROTHE et al., 2015).

Incentivos políticos mostram-se necessários a fim de aumentar a utilização dos resíduos (ROTHE et al., 2015).

Os governos, federal e provinciais canadenses têm apoiado a expansão do uso dos combustíveis renováveis nos últimos anos em termos de política e promoção comercial. De 2005 a 2010, a indústria canadense investiu US\$ 2,3 bilhões em construção de novas instalações de combustíveis renováveis em todo o país (LI; MUPONDWA, 2014). O governo irlandês comprometeu-se em reduzir a emissões de CO₂, através de uma série de medidas como o plano de ação de energia renovável, sendo que, uma dessas medidas é a conversão de usinas de turfa para co-fogo 30% de biomassa renovável (SOSA et al., 2015).

Cerca de 95-97% de bioenergia do mundo, atualmente, é produzida pela combustão direta de biomassa. Há perspectivas de aumento desta combustão, em grande escala, de biomassa natural e sua co-combustão com semi-biomassa, e combustíveis fósseis sólidos (carvão, turfa, petróleo coque). Isto parece ser um dos principais motores para a promoção dos biocombustíveis (VASSILEV; VASSILEVA; VASSILEV, 2015). Dentre os resíduos de biomassa que podem ser utilizadas na produção de energia está o bagaço de cana de açúcar que é um dos mais utilizados no mundo. Esta popularidade decorre dos benefícios econômicos e ambientais que trazidos por ele para a indústria de açúcar e etanol (LOPES SILVA et al., 2014). A vantagem de usar a biomassa se dá em razão da sua natureza renovável que provem da capacidade de utilizar o CO₂ emitido para o cultivo de próxima geração de biomassa através do ciclo fotossíntese (FARRET, 2014; REN; ZHAO, 2015; SHARMA; PAREEK; ZHANG, 2015).

B. Recentes avanços mundiais da biomassa

A estimativa da disponibilidade de biomassa anual é de cerca de 4500 EJ (220 Gt em massa) representando quase dez vezes a exigência atual de energia do mundo. A capacidade de armazenamento de biomassa é rica e, é considerada uma parte importante da energia futura (REN; ZHAO, 2015).

O processo de torrefação proporciona uma oportunidade para aumentar a densidade da biomassa por compressão, aumentando a homogeneidade e a densidade desta quase ao nível carvão. Isto tem um efeito favorável sobre as propriedades de biomassa, aumento da energia em até 30% a mais do que o de biomassa em estado bruto. Há também redução das emissões de NO e SO₂ que foram produzidos durante a combustão em comparação com o carvão (GIL et al., 2015). Existe oportunidade para a geração de energia e produção de combustível, com carvão e com biomassa, o que tem sido avaliado por vários autores, sendo sugerido como uma opção viável e facilmente aplicável, para a conversão de biomassa em energia, calor e produtos químicos. Embora o carvão e a biomassa apareçam naturalmente na forma sólida, as suas

propriedades físicas variam substancialmente, causando um comportamento diferente durante a sua conversão térmica. A Conversão de combustível varia de 57% a 64% do carvão e 87% a 91% para a biomassa (TCHAPDA; PISUPATI, 2015).

A biomassa florestal é o principal repositório de vegetação de carbono. Por esse motivo precisa-se manter um conjunto de dados globais atualizados e consistentes indicando as escalas da utilização na terra a fim de verificar as mudanças na biomassa e a rebrota (LE TOAN et al., 2011). Devido ao desmatamento e degradação, satélites são utilizados para monitorar algumas regiões. Desta forma, foi detectado uma perda significativa da biomassa acima do solo sobre as florestas de biomassa, e, também, ganhos de biomassa ao longo da fronteira da floresta-savana da África Central, especialmente em áreas de baixa densidade populacional (MITCHARD et al., 2011). Os métodos para mapeamento da biomassa com o uso combinado de amostras por radar de laser e imagens de radar de biomassa florestal precisam ser aprimorados (SUN et al., 2011).

Um dos métodos mais promissores para a obtenção dessas estimativas é através de medições de retro espalhamento polarimétricos, *L- ou P-band Synthetic Aperture Radar (SAR)* em baixas frequências (SANDBERG et al., 2011).

Uma variedade de fatores, incluindo as espécies, método de plantio, bem como a quantidade de nitrogênio residual disponível em solos, pode levar a uma grande variedade de biomassa. O aumento da biomassa está relacionada ao aumento da cobertura subterrânea e da absorção de nutrientes, sendo importante estimar com precisão a biomassa de cultura de cobertura (PRABHAKARA; HIVELY; MCCARTY, 2015).

Há estudos que datam da década de 1980 investigando os potenciais rendimentos de recuperação de energia a partir de biomassa de macroalgas. Rendimentos elevados tanto de metano quanto de etanol foram registrados. No entanto, a produção em escala é limitada. Algumas avaliações do ciclo de vida (ACV) examinaram a sustentabilidade dos recursos e a recuperação da energia da alga marrom (AITKEN et al., 2014).

Gaseificação de misturas de biomassa e carvão podem oferecer combustíveis renováveis, porém é necessário uma boa compreensão do sistema de gaseificação, contendo diferentes materiais como matéria-prima (ELLIS et al., 2015). Gaseificação catalítica do resíduo de biomassa extraída do óleo da microalga verde (*Botryococcus braunii*) foi utilizada em uma alimentação contínua do reator à escala laboratorial. O resíduo de biomassa da microalga verde pode ser uma fonte renovável superior de gás de síntese ou de hidrogênio (WATANABE et al., 2015). A gaseificação do vapor de diferentes misturas de biomassa e de polietileno de alta densidade (HDPE) (0%, 25%, 50% e 100% em peso) foi realizada em modo contínuo num leito de jorro cônico gaseificador. A alimentação HDPE melhora claramente os resultados de gaseificação de biomassa (ERKIAGA et al., 2014).

Pirólise rápida é uma abordagem promissora para conversão de biomassa bruta em densidade de bio-óleo de alta energia e gases combustíveis. As características da pirólise rápida de biomassa no reator foram investigados usando dinâmica de fluidos computacional multidimensional (ARAMIDEH et al., 2015). A otimização da cadeia de suprimentos tem como objetivo facilitar a produção em larga escala de biocombustíveis, melhorando a eficiência e a eficácia da prestação de matéria-prima de biomassa. A maioria dos modelos existentes não são baseadas na *web*, limitada pela acessibilidade para aplicações do mundo real. A cadeia de fornecimento de biomassa habilitada para plataforma CyberGIS de suporte Sion foi desenvolvido para melhorar a acessibilidade e o modelo computacional (LIN et al., 2015).

A liquefação termoquímica da biomassa é amplamente investigada como um método promissor para produzir um tipo de biocombustível líquido, ou seja, o bio-óleo. O uso de água ou de solventes orgânicos como solvente de liquefação tem as suas próprias vantagens e desvantagens. Entre os solventes orgânicos, o etanol é o mais promissor pela alta eficiência para a liquefação da biomassa e por ser renovável (HUANG; YUAN, 2015) .

Pesquisadores do *Virginia Institute of Technology* criaram um processo biológico, usando

enzimas que permitem produzir hidrogênio rapidamente e com altos rendimentos a partir de glicose e xilose, açúcares abundantes em resíduos de espigas de milho e folhas (ONITA, 2015).

C. Limites da tecnologia

A biomassa pode ser convertida em energia por meio de três tipos de processos: conversão física, termoquímica e biológica, conforme a **Fig. 1**.

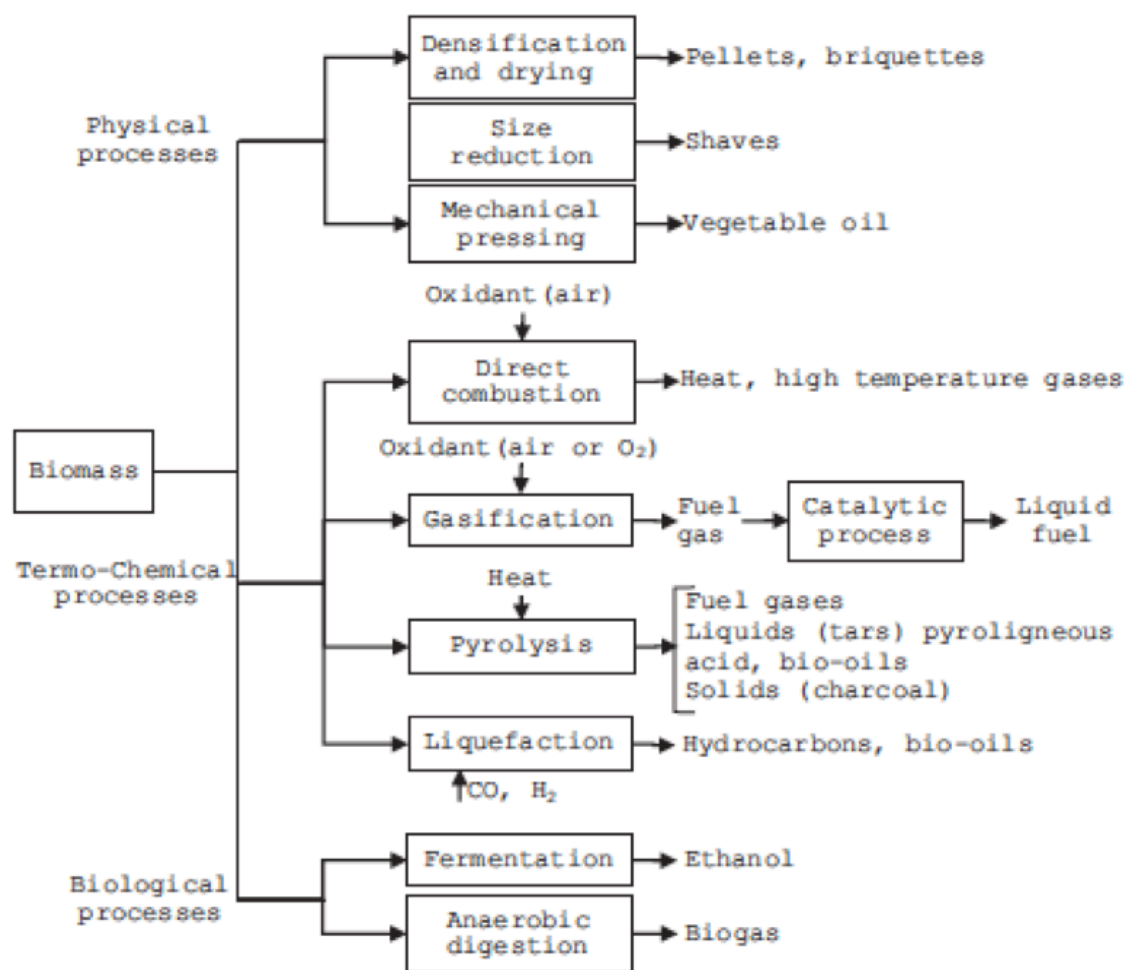


Figura 1. Conversão de energia pela biomassa.
Fonte: Lora (LORA; ANDRADE, 2009)

Conversão física: é composta por um conjunto de processos físicos de modificação de biomassa tais como corte, ruptura, triagem, prensagem, secagem ou compressão da biomassa sólida, para obter um produto final (LOPES SILVA et al., 2014). Na biomassa sólida o processo de conversão de energia passa pela recolha dos vários resíduos, em que se faz o aproveitamento energético por combustão direta (EDUARDO et al., 2004; FARRET, 2014).

Conversão termoquímica: é aplicada a qualquer tipo de biomassa (plantas madeireiras e não-madeireiras, resíduos orgânicos e fluidos biológicos) e inclui quatro técnicas - combustão direta, gaseificação, pirólise e liquefação com ou sem conversão física (LOPES SILVA et al., 2014). Na combustão direta a produção de calor e energia através da combustão, é aplicável a uma variedade de combustíveis sólidos, e varia numa escala de 200 kWe até 1000 kWe, tendo a vantagem de ser uma tecnologia comercial, apesar de ter uma eficiência baixa (20-40%) (EDUARDO et al., 2004). Na gaseificação, a conversão termoquímica é realizada à temperaturas elevadas, através da oxidação parcial dos elementos combustíveis da biomassa produzindo um gás, possuindo poder calorífico baixo e teor médio dos compostos combustíveis no gás (CO=10-15%, H₂ =15-20% e CH₄=3-5%). Na Pirólise, o processo termoquímico consiste na degradação térmica da biomassa em ausência de ar a altas temperaturas, transformando em um combustível sólido (carvão vegetal), líquido (biocombustíveis) e gasosos (gás). A liquefação é a produção de combustíveis líquidos, por meio da reação da biomassa triturada (LOPES SILVA et al., 2014).

Conversão biológica: compreende biodigestão e fermentação alcoólica, que são comumente aplicados a conversão de resíduos orgânicos urbanos, agroindustriais e vegetais não-

madeireiros. O produto principal da biodigestão é o biogás que é obtido da conversão da energia residual orgânica, composto, principalmente, de metano e dióxido de carbono. Este gás tem médio poder calorífico, a matéria orgânica remanescente pode ser utilizada como fertilizantes e possui baixa eficiência para produção de energia (EDUARDO et al., 2004; FARRET, 2014; LOPES SILVA et al., 2014; SHARMA; PAREEK; ZHANG, 2015). Na fermentação, o processo de conversão bioquímica é utilizado para produção do etanol e a sobra do bagaço é usada como combustível em caldeiras ou processos de gaseificação. Os biocombustíveis podem ser utilizados na substituição total ou parcial como combustíveis para veículos motorizados (EDUARDO et al., 2004; FARRET, 2014).

D. Descrição da tecnologia mais próxima: gerador a óleo diesel

Uma forma atrativa para o fornecimento de energia é o grupo motor gerador. Conforme Farret (FARRET, 2014), os sistemas com motor diesel unido a gerador de energia possuem a vantagem de serem compactos, porém, poluentes. A eficiência do gerador a diesel pode ser medida em razão do consumo de combustível e a energia produzida. A eficiência térmica é superior aos motores de ignição por faísca. As cargas ligadas ao gerador influenciam diretamente a eficiência do mesmo (CARVALHO et al., 2014). Em sistemas isolados de fornecimento de energia elétrica os grupos geradores a diesel são os mais utilizados, pela durabilidade e pelo grau de eficiência (FIGUEIREDO et al., 2013).

E. Dados práticos

Muitos produtores de energia de biomassa na China têm problemas, pois, a cadeia de suprimento de biomassa não funciona bem. A China é rica em recursos de biomassa.

A indústria de energia de biomassa tem um futuro brilhante com as políticas de apoio do governo chinês. No entanto, a indústria ainda está em fase inicial de desenvolvimento e muitas usinas de biomassa a combustão direta estão enfrentando dificuldades de operações. Na China a capacidade instalada de geração de energia foi de 33,7 TWh e o de energia de biomassa foi de 7,7 GW em 2012 (LIU et al., 2015).

O Brasil é um dos países do mundo com os mais avançados programas que visam à implementação do uso de energia de biomassa. Os projetos e tecnologias relacionadas com a utilização de biocombustíveis no Brasil que estão sendo implementados oferecem informações importantes para superar as barreiras técnicas e comerciais, realizando a extensa aplicação de bioenergia difícil. A gaseificação de biomassa, no Brasil, tem um vasto âmbito de aplicação (LORA; ANDRADE, 2009). A utilização de biomassa lignocelulósica dentro do contexto da biorrefinaria é um insumo na produção de vários produtos de maneira similar a uma refinaria de petróleo (SANTOS; BORSCHIVER; COUTO, 2011).

A capacidade total instalada para geração de eletricidade na Índia é de 2.666,64 GW em 31 de março de 2013. A energia renovável representa 10,5% do total da produção, dos quais 12,83% a energia está sendo gerada a partir da biomassa. A Índia tem superávit na área agrícola e florestal que compreende cerca de 500 milhões de toneladas métricas de disponibilidade de biomassa por ano. Na Índia, a capacidade total de geração de energia de biomassa é de 17,500MW. A energia a ser gerada é 2665MW que incluem 1666MW por cogeração. Vários projetos de biomassa de geração de energia estão instalados na Índia para cumprir as exigência de energia por gaseificação de biomassa (KUMAR et al., 2015).

A plantação de palma na Indonésia atingiu 8,9 milhões hectare em 2011, espalhando-se amplamente em todos os locais. A produção de cachos vazios foi prevista em cerca de 25 milhões de toneladas por ano. O *shell* de óleo de palma em 7 milhões de toneladas por ano, fibras de palmeira mesocarpo em 14 milhões de toneladas por ano e folha de palmeira sobre 89 milhões de toneladas por ano. Resíduos de biomassa de plantações de palma e da indústria de palma são material de base do *bio-pellet*. O *bio-pellet* é uma energia alternativa que pode substituir o carvão a partir de fontes de biomassa. (KUSUMANINGRUM; MUNAWAR, 2014).

Como um membro da família *brassicaceae* (canola, mostarda), a camelina foi apontada, por ser

uma cultura de sementes oleaginosas de baixa entrada, com o potencial de proporcionar biocombustíveis avançados sustentáveis e preencher um nicho de energia para os produtores agrícolas (LI; MUPONDWA, 2014).

Os resultados obtidos de energia de biomassa na Colômbia mostram que é possível vislumbrar um potencial energético teórico de 0,744 EJ com um intervalo de confiança de -7,3%, + 7,8% a 95% de probabilidade, podendo ser considerado muito abrangentes. Este potencial exclui a biomassa acima do solo em florestas. Se a biomassa acima do solo em florestas está incluído, então o potencial teórico pode crescer até 219,88 EJ. A eficácia do método proposto foi comprovada (GONZALEZ-SALAZAR et al., 2014).

A Turquia tem um grande potencial quanto às fontes de energias renováveis. A energia elétrica primária é obtida da biomassa, a partir de resíduos urbanos sólidos, culturas energéticas, estrume animal e lamas de tratamento de águas. O valor total de energia primária de biogás obtidas a partir das fontes examinadas é 188,21 TWh / ano. O valor total de energia primária relacionada ao potencial das fontes de biomassa avaliadas é de 278,40 TWh / ano (OZCAN; ÖZTÜRK; OGUZ, 2015).

Em Fiji de 2003 a 2012, a produção total de biomassa foi estimada como sendo 72,67 PJ, dos quais 24% resíduos de alimentos, 44% de resíduos agrícolas, 10% e 22% de esterco de silvicultura. Apenas 11% foi usado como combustível, 12% de madeira industrial e 24% como alimento. A biomassa não utilizada resultou em uma perda de 38,5 PJ de energia, que é de 53% da biomassa total (VINEET V. CHANDRA, 2015).

A produção de arroz no Camboja ultrapassou 9,3 milhões de toneladas em 2014. A conversão de casca de arroz em eletricidade através do processo de gaseificação tem sido bem sucedida nos projetos de pequena escala com a capacidade de 200 kW (PODE; DIOUF; PODE, 2015).

Na Tasmânia, a atual utilização da biomassa florestal para energia (400 kt y⁻¹ de material seco) representa cerca de 6% da oferta total de energia anual da Tasmânia. O potencial da biomassa florestal para produção de energia é estimado em 1.800 kt y⁻¹ do material seco equivalente a 30% da atual oferta total de energia anual da Tasmânia (ROTHER et al., 2015).

2. Metodologia

O estudo foi realizado em Santa Maria, RS, Brasil. O software Homer Pro 3.2.3 foi utilizado para a simulação. Foi feita uma análise comparativa entre dois geradores – a diesel e a biogás, para atender a uma demanda residencial, tendo pico consumo de 59,36 kW (**Fig. 2**). Foi definido um gerador diesel de 60 KW e um gerador biogás de mesma potência. A coleta de dados necessária para a simulação foi feita através de contatos com alguns fabricantes e documentos técnicos. Para a realização da simulação foi considerado um período 25 anos e 8760 horas por ano, taxa de desconto de 10% ao ano e inflação de 8,47% ao ano. Para os custos dos combustíveis foi considerado R\$ 2,65 para o litro do diesel e R\$ 10 para tonelada de biomassa.

Após feitas as devidas caracterizações, o modelo foi calculado.

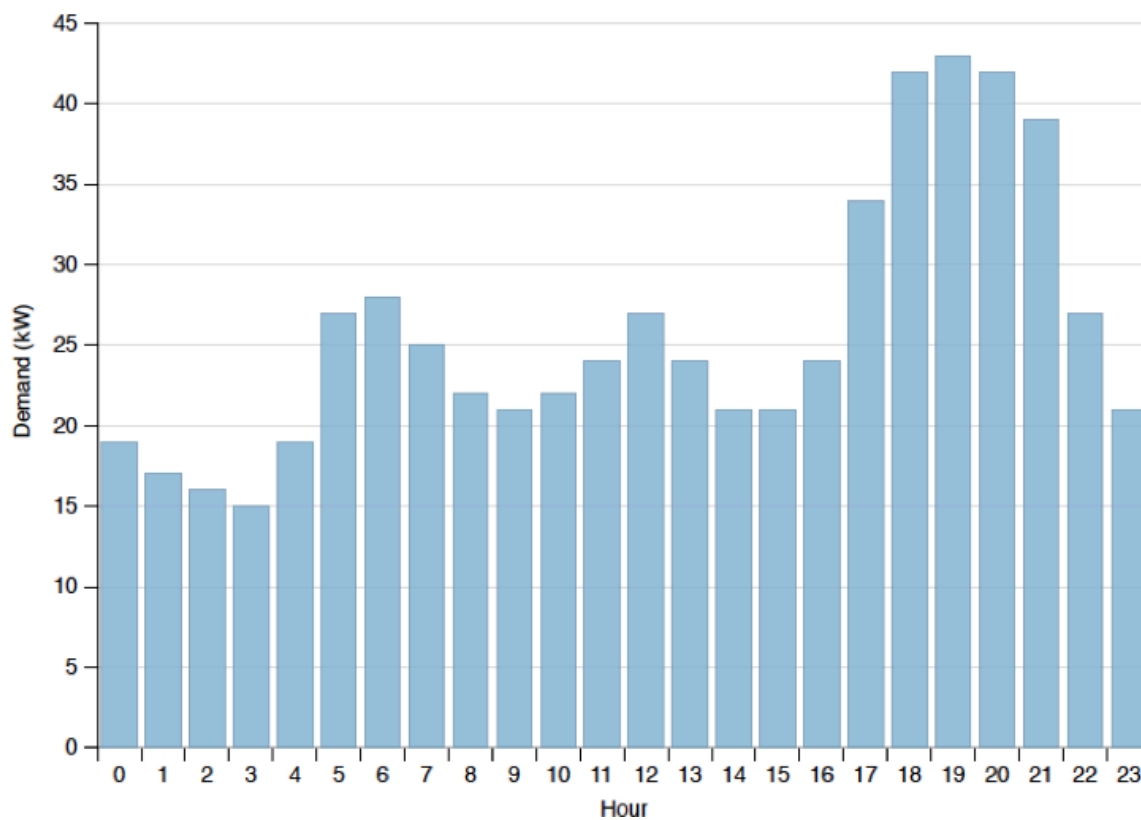


Figura 2. Perfil da carga elétrica utilizada no estudo.

3. Resultados

Para o gerador diesel de 60 KW foi calculado o custo presente líquido, que representa o custo total dos 25 anos de investimento na data zero, que foi de R\$ 5.882.453,00. A quantidade de energia em excesso gerada foi de 2340 kWh/ ano, considerando o gerador a 100%. O consumo de combustível específico foi de 0,43 L/kWh, sendo a demanda de 227.396 kWh/ano. O valor estimado do gerador diesel de 60 kW foi de R\$ 21.500,00. Na **Fig. 3** é apresentado o fluxo de caixa para o período de 25 anos, onde verifica-se que o maior impacto no uso dessa tecnologia é dado pelo custo do combustível.

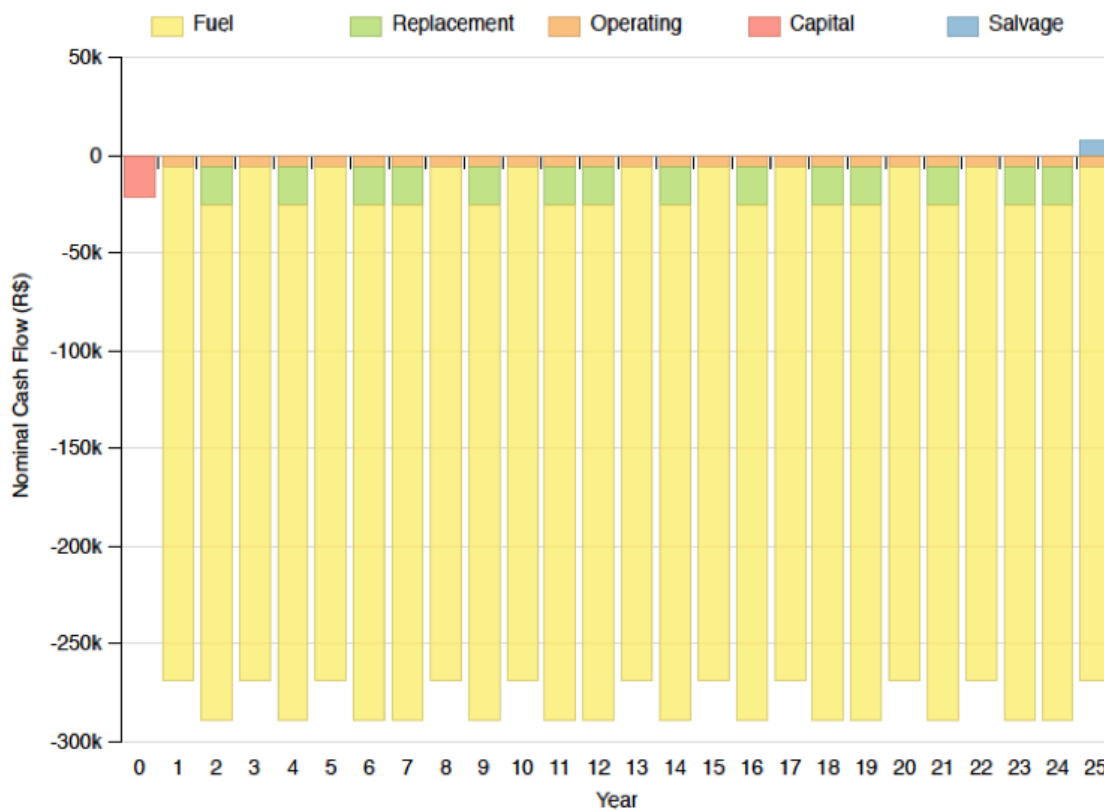


Figura 3. Fluxo de caixa (R\$) do gerador diesel (25 anos).

No caso do gerador de biomassa, o custo presente líquido foi de R\$ 816.880,00. O valor do gerador de biomassa foi estimado em R\$ 60.000,00. O consumo específico de combustível foi de 3,73 L/kWh. Na **Fig. 4** é apresentado o fluxo de caixa do gerador de biomassa, onde verifica-se que o investimento inicial nos equipamentos apresentou o maior impacto.

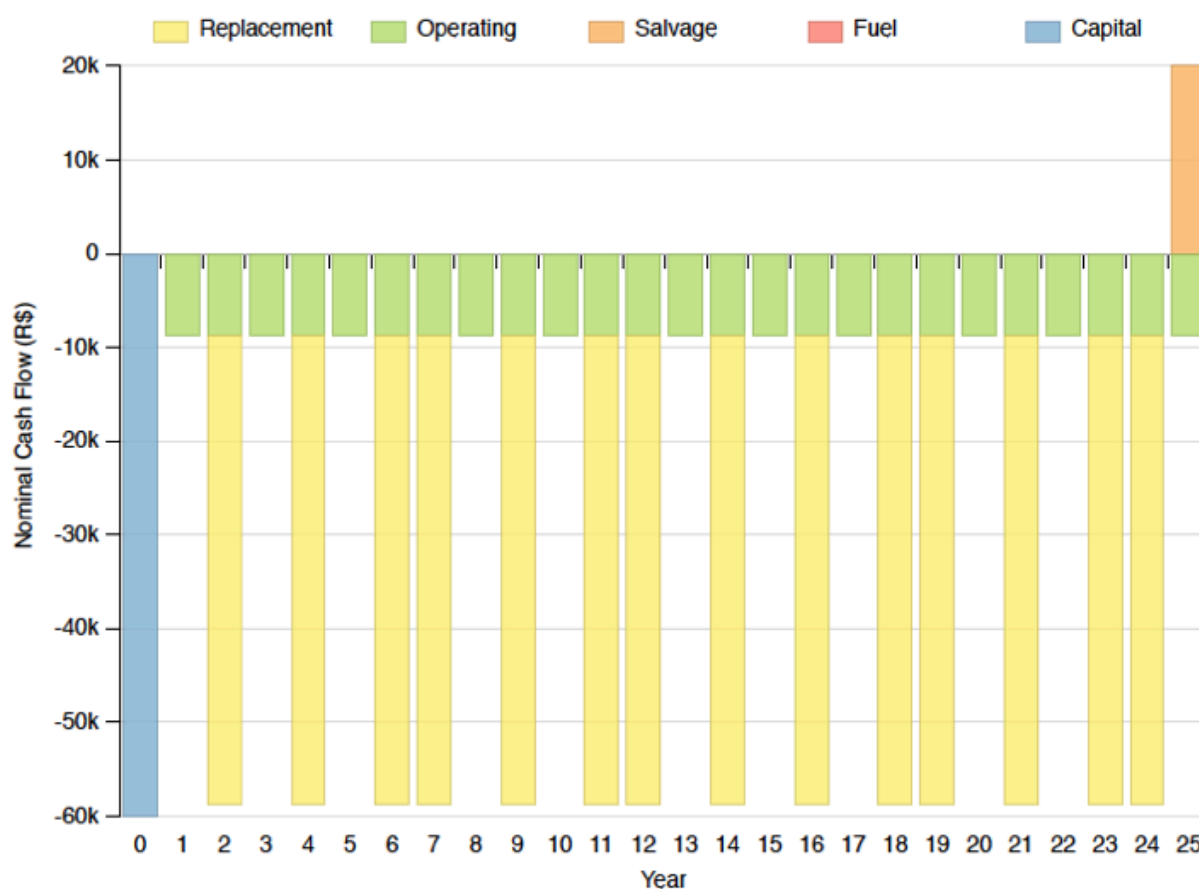


Figura 4. Fluxo de caixa (R\$) gerador biomassa (25 anos).

Quando comparados os dois geradores, diesel e biomassa, identifica-se que o investimento inicial do gerador de biomassa é maior porém, considerando o período de 25 anos, preço da biomassa, taxa de desconto e a taxa de inflação o custo líquido presente foi significativamente menor. Conforme identificado na **Fig. 5** apresenta-se o sistema ideal.

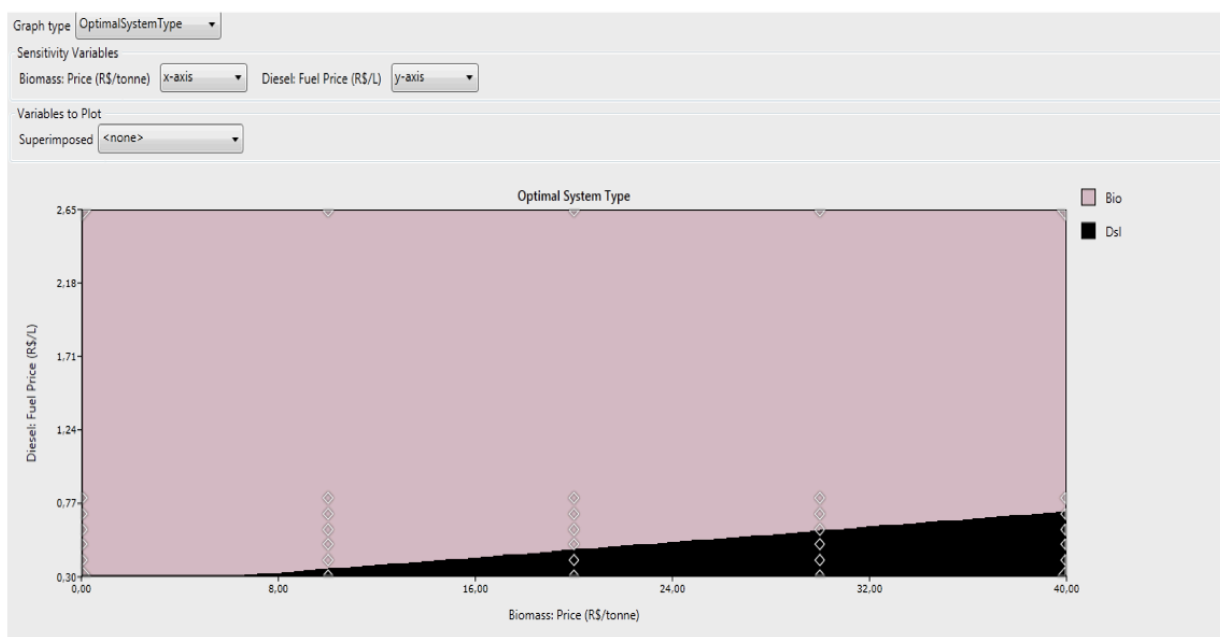


Figura 5. Sistema ideal

Foi feito uma simulação adicional considerando o custo da biomassa de bagaço de cana de açúcar a R\$ 150,00 por tonelada. Na **Fig. 6** é apresentado o sistema ideal considerando o custo da biomassa a 150,00 R\$/ton.

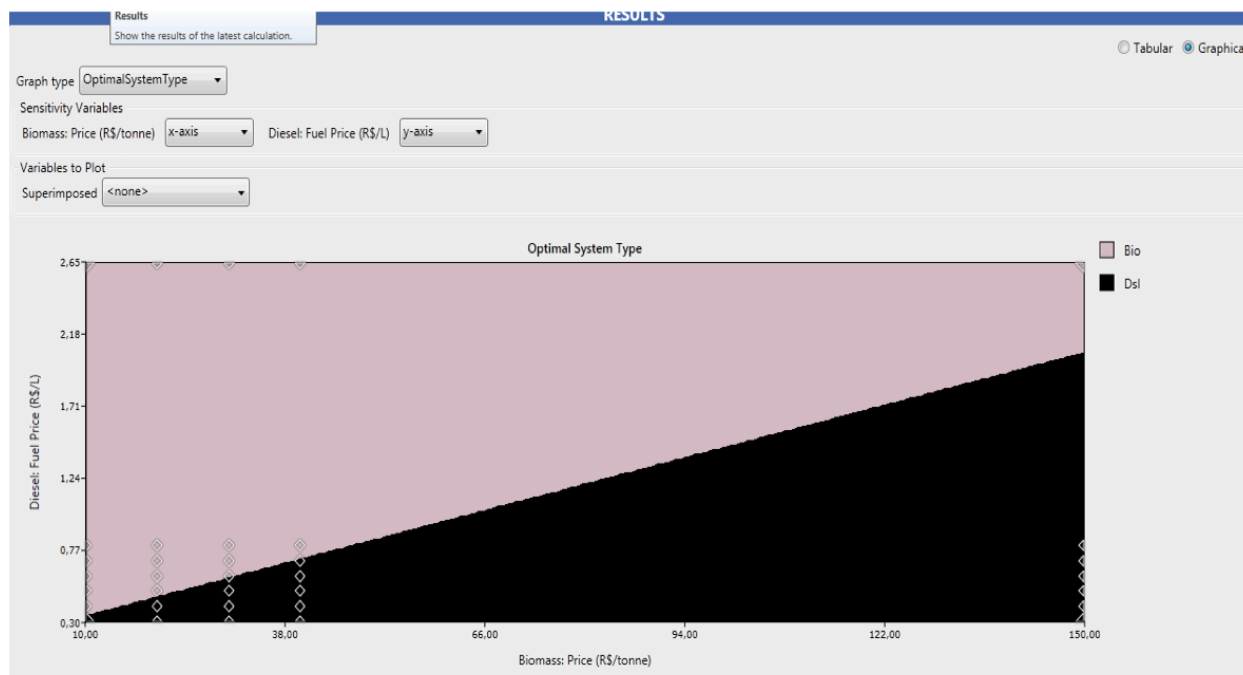


Figura 6. Sistema ideal simulação adicional.

4. Conclusões

A ferramenta de análise Homer Pro mostrou-se interessante e de fácil manejo. As variáveis de investimentos devem ser bem compreendidas e validadas, pois podem levar a erros de interpretação.

O aproveitamento da biomassa em tecnologias convencionais, não têm apresentado, para potências pequenas, viabilidade tecnológica e/ou econômica (EDUARDO et al., 2004). Entretanto, no modelo apresentado foi possível identificar sua viabilidade talvez pelo fato do custo da biomassa ser baixo. Para minimizar esta dúvida foi feita uma simulação adicional considerando o custo da biomassa do bagaço de cana de açúcar a R\$ 150,00 por tonelada e, no resultado o modelo ainda apresentou viabilidade econômica a favor da biomassa.

Conclui-se que os objetivos do trabalho foram atendidos pois foram avaliados os recentes avanços mundiais da biomassa, os limites da tecnologia e simulada uma comparação entre o gerador de biomassa e gerador a diesel com software Homer Pro 3.2.3 para uma carga elétrica residencial.

Referências bibliográficas

- AITKEN, D. et al. Life cycle assessment of macroalgae cultivation and processing for biofuel production. **Journal of Cleaner Production**, v. 75, p. 45–56, 2014.
- ARAMIDEH, S. et al. Numerical simulation of biomass fast pyrolysis in an auger reactor. **Fuel**, v. 156, p. 234–242, 2015.
- BILGILI, F.; OZTURK, I. Biomass energy and economic growth nexus in G7 countries: Evidence from dynamic panel data. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 49, p. 132–138, 2015.
- CARVALHO, A. P. DE et al. ANÁLISE DO CONSUMO DE COMBUSTÍVEL DE UM GERADOR DIESEL ALIMENTANDO CARGAS LINEARES E CARGAS NÃO LINEARES. p. 223–227, 2014.
- EDUARDO, E. et al. Análise comparativa da utilização da biomassa com tecnologias convencionais de geração aplicando a eficiência ecológica. **Enc. Energ. Meio Rural 2004**, v. 5, 2004.
- ELLIS, N. et al. Mineral matter interactions during co-pyrolysis of coal and biomass and their impact on intrinsic char co-gasification reactivity. **Chemical Engineering Journal**, v. 279, p. 402–408, 2015.
- ERKIAGA, A. et al. Influence of operating conditions on the steam gasification of biomass in a

- conical spouted bed reactor. **Chemical Engineering Journal**, v. 237, n. x, p. 259–267, 2014.
- FARRET, F. A. **Aproveitamento de pequenas fontes de energia elétrica**. 3. ed. Santa Maria: EditoraUFSM, 2014.
- FIGUEIREDO, F. L. et al. Análise do desempenho de um grupo gerador de 50 kVA com motor MWM adaptado a ciclo Otto, alimentado com gás natural. **Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas**, v. 34, n. 2, p. 145, 2013.
- GIL, M. V. et al. Grindability and combustion behavior of coal and torrefied biomass blends. **Bioresource Technology**, v. 191, p. 205–212, 2015.
- GONZALEZ-SALAZAR, M. A. et al. Methodology for estimating biomass energy potential and its application to Colombia. **Applied Energy**, v. 136, p. 781–796, 2014.
- HUANG, H.; YUAN, X. Recent progress in the direct liquefaction of typical biomass. **Progress in Energy and Combustion Science**, v. 49, p. 59–80, 2015.
- KUMAR, A. et al. A review on biomass energy resources, potential, conversion and policy in India. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 45, p. 530–539, 2015.
- KUSUMANINGRUM, W. B.; MUNAWAR, S. S. Prospect of bio-pellet as an alternative energy to substitute solid fuel based. **Energy Procedia**, v. 47, p. 303–309, 2014.
- LE TOAN, T. et al. The BIOMASS mission: Mapping global forest biomass to better understand the terrestrial carbon cycle. **Remote Sensing of Environment**, v. 115, n. 11, p. 2850–2860, 2011.
- LI, X.; MUPONDWA, E. Life cycle assessment of camelina oil derived biodiesel and jet fuel in the Canadian Prairies. **Science of the Total Environment**, v. 481, n. 1, p. 17–26, 2014.
- LIN, T. et al. CyberGIS-enabled decision support platform for biomass supply chain optimization. **Environmental Modelling & Software**, v. 70, p. 138–148, 2015.
- LIU, L. et al. The plight of the biomass power generation industry in China – A supply chain risk perspective. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 49, p. 680–692, 2015.
- LOPES SILVA, D. A. et al. Life cycle assessment of the sugarcane bagasse electricity generation in Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 32, p. 532–547, 2014.
- LORA, E. S.; ANDRADE, R. V. Biomass as energy source in Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 13, n. 4, p. 777–788, 2009.
- MITCHARD, E. T. A et al. Measuring biomass changes due to woody encroachment and deforestation/degradation in a forest-savanna boundary region of central Africa using multi-temporal L-band radar backscatter. **Remote Sensing of Environment**, v. 115, n. 11, p. 2861–2873, 2011.
- ONITA, L. Hydrogen cars could soon run on “dirty biomass”. **Engineering and Technology Magazine**, 2015.
- OZCAN, M.; ÖZTÜRK, S.; OGUZ, Y. Potential evaluation of biomass-based energy sources for Turkey. **Engineering Science and Technology, an International Journal**, v. 18, n. 2, p. 178–184, 2015.
- PODE, R.; DIOUF, B.; PODE, G. Sustainable rural electrification using rice husk biomass energy: A case study of Cambodia. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 44, p. 530–542, 2015.
- PRABHAKARA, K.; HIVELEY, W. D.; MCCARTY, G. W. Evaluating the relationship between biomass, percent groundcover and remote sensing indices across six winter cover crop fields in Maryland, United States. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, v. 39, p. 88–102, 2015.
- REN, Q.; ZHAO, C. Evolution of fuel-N in gas phase during biomass pyrolysis. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 50, p. 408–418, 2015.

ROTHE, A. et al. Current and potential use of forest biomass for energy in Tasmania. **Biomass and Bioenergy**, v. 80, p. 162–172, 2015.

SANDBERG, G. et al. L- and P-band backscatter intensity for biomass retrieval in hemiboreal forest. **Remote Sensing of Environment**, v. 115, n. 11, p. 2874–2886, 2011.

SANTOS, M. F. R. F. DOS; BORSCHIVER, S.; COUTO, M. A. P. G. Iniciativas para o uso da biomassa lignocelulósica em biorrefinarias - a plataforma sucroquímica no mundo e no Brasil. **Economia & Energia**, n. 82, 2011.

SHARMA, A.; PAREEK, V.; ZHANG, D. Biomass pyrolysis—A review of modelling, process parameters and catalytic studies. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 50, p. 1081–1096, 2015.

SOSA, A. et al. Managing the moisture content of wood biomass for the optimisation of Ireland's transport supply strategy to bioenergy markets and competing industries. **Energy**, v. 86, p. 354–368, 2015.

SUN, G. et al. Forest biomass mapping from lidar and radar synergies. **Remote Sensing of Environment**, v. 115, n. 11, p. 2906–2916, 2011.

TCHAPDA, A. H.; PISUPATI, S. V. Characterization of an entrained flow reactor for pyrolysis of coal and biomass at higher temperatures. **Fuel**, v. 156, p. 254–266, 2015.

VASSILEV, S. V.; VASSILEVA, C. G.; VASSILEV, V. S. Advantages and disadvantages of composition and properties of biomass in comparison with coal: An overview. **Fuel**, v. 158, p. 330–350, 2015.

VINEET V. CHANDRA, S. L. H. P. A biomass energy flow chart for Fiji. **Biomass and Bioenergy**, v. 72, p. 117–122, 2015.

WATANABE, H. et al. Catalytic gasification of oil-extracted residue biomass of *Botryococcus braunii*. **Bioresource Technology**, v. 191, p. 452–459, 2015.

1. Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil, mbmansilha@gmail.com

2. Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil, fafarret@gmail.com

3. Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil, leski78@hotmail.com

Revista ESPACIOS. ISSN 0798 1015
Vol. 38 (Nº 36) Año 2017

[Índice]

[En caso de encontrar algún error en este website favor enviar email a webmaster]

©2017. revistaESPACIOS.com • Derechos Reservados