



## TRATAMENTO DE RESÍDUOS TÊXTEIS POR GASEIFICAÇÃO

Luana de Sena Gomes<sup>1\*</sup>

### RESUMO

O trabalho propõe uma pesquisa em tratamento de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), focando no resíduo têxtil. Descreve a montagem de um equipamento de gaseificação e os testes subsequentes na unidade piloto. O Gaseificador em planta piloto utiliza como matéria prima resíduos sólidos urbanos da indústria e comércio de materiais têxteis, o tratamento é realizado com Leito Fixo em escoamento contra corrente capaz de gerar gás de síntese. O processo é ajustado para eficiência, com regulação da alimentação do resíduo, da vazão de ar e reciclo. O tratamento de resíduos sólidos por processo de combustão com gaseificação é um campo de estudo que pode ser considerado relevante, pois tem um impacto ambiental significativo, o que implica economia circular e minimização de resíduos enviados para aterros sanitários. A pesquisa foi conduzida com o apoio de infraestrutura do Laboratório NEPER-ETE, vinculados ao Departamento de Hidráulica e Saneamento da EESC-USP.

Palavras-chave: resíduos sólidos urbanos, gaseificação, tratamento, unidade piloto.

### ABSTRACT

This study proposes research on Municipal Solid Waste (MSW) treatment, focusing on textile waste. It describes the assembly of a gasification equipment and the subsequent tests conducted in the pilot unit. The gasifier in the pilot plant utilizes MSW from the industry and commerce of textile materials as raw material, treating it with Fixed Bed in countercurrent flow capable of generating synthesis gas. The process is adjusted to control efficiency, regulating waste feed, air flow, and recycling. The treatment of solid waste through combustion with gasification is a field of study that can be considered relevant due to its significant environmental impact, implying circular economy practices and minimizing waste sent to landfills. The research was conducted with the support of infrastructure from the

---

<sup>1\*</sup> Universidade de São Paulo - USP, SP, Brasil. Departamento de Hidráulica e Saneamento - SHS. Orientador Prof. Dr. Nivaldo Aparecido Corrêa.



NEPER-ETE Laboratory, affiliated with the Department of Hydraulic and Sanitation at EESC-USP.

Keywords: urban solid waste, gasification, treatment, pilot unit.

## 1 INTRODUÇÃO

Procura-se intensamente o desenvolvimento de tecnologias sustentáveis para a geração de energia. Estas tecnologias buscam uma alternativa para o petróleo como principal fonte energética da nossa civilização. Como o petróleo e o carvão não são renováveis, são necessárias alternativas para suprir a demanda energética futura da sociedade. A busca não se reduz a um único substituto para o petróleo, e sim na possibilidade de coexistirem várias fontes alternativas, propondo a mudança da estrutura tecnológica e energética. Significa que é necessário tornar economicamente viáveis, propostas como: co-geração energética, geração descentralizada de energia elétrica, pequenos centrais geradores, combustíveis renováveis e até mesmo fontes de fornecimento irregular de energia eólica e a conversão de energia solar por células fotovoltaicas. A gaseificação de biomassa é a combustão incompleta da biomassa que resulta na produção de gases combustíveis contendo monóxido de carbono (CO), hidrogênio (H<sub>2</sub>) e traços de metano (CH<sub>4</sub>). Esta mistura é chamada gás de síntese. Gás de síntese pode ser usado para acionar motores de combustão interna, pode também ser um substituto para óleo de forno em aplicações de calor direto e para produzir, de forma economicamente viável, metanol - um produto químico extremamente atrativo o qual é útil tanto como combustível para máquinas térmicas bem como matéria-prima química básica para indústrias (RAJVANSKI, 1986).

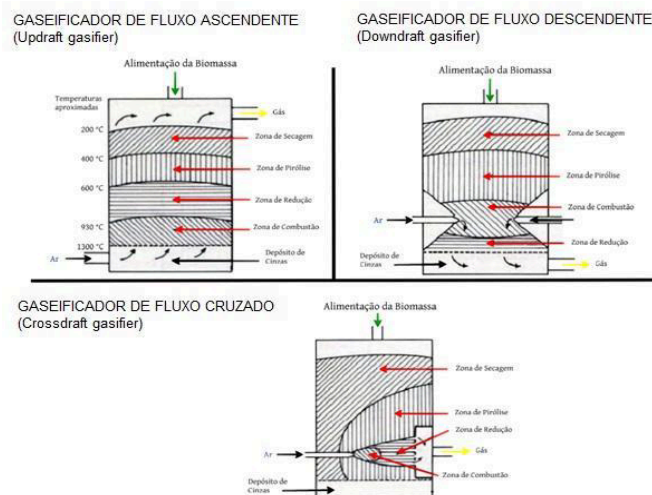
## 2 METODOLOGIA

O tipo de gaseificador pretendido é o de Leito Fixo Deslizante Vertical com escoamento Cruzado, onde a biomassa combustível é introduzida na parte superior do leito e desliza por gravidade até a região de queima. Simultaneamente, o ar comburente ingressa pela região inferior, próxima à região de queima, resultando em gases pós-combustão com movimento ascendente até o bocal de coleta. O gás bruto produzido deverá ser coletado por um bocal de tubulação imediatamente acima da região de combustão-gaseificação, dirigindo-se, após

deixada a parcela do reciclo, para uma etapa de limpeza que consiste em uma câmara de coleta gravitacional. Nessa câmara, o gás deixará o material particulado que o acompanha (fuligem, cinzas finas) juntamente com a água da umidade da biomassa e do vapor gerado na combustão, precipitada no arrefecimento. Esse líquido sujo com material particulado, ácidos pirolenhosos e alcatrão formarão um licor escuro que deverá ser coletado e armazenado em tanques para posterior análise, havendo interesse, ou uso como fertilizante e pesticida.

Os equipamentos convencionais para essas operações geralmente empregam leitos fixos deslizantes e fluidizados. Esses leitos podem ter diferentes alturas, permitindo diversas etapas de processamento do material, desde a queima completa na parte inferior até a secagem na parte superior, passando pela gaseificação e pirólise. A Figura 1 apresenta ilustrações dos fluxos de material e das zonas formadas durante o processo.

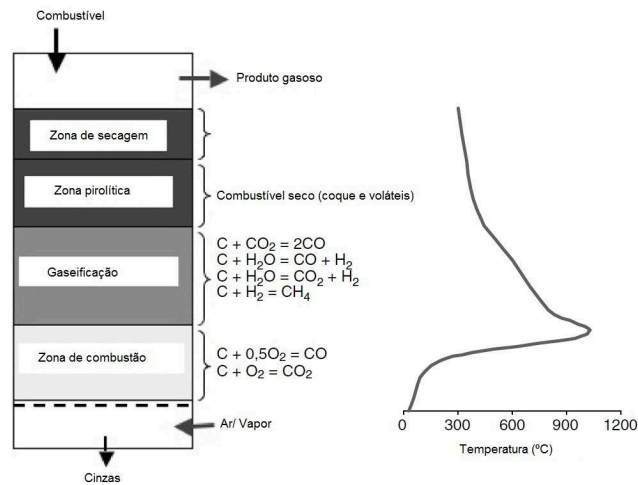
Figura 01: Zonas de gaseificação nos gaseificadores: Fluxo ascendente; Fluxo descendente e Fluxo cruzado



Fonte: Rajvanshi, A.K. (1986)

Os gaseificadores em leito fixo têm sido subutilizados devido à sua propensão em produzir grandes quantidades de alcatrões ou carvão não convertido. No entanto, sua principal vantagem reside na capacidade de lidar com uma variedade extrema de matérias-primas, como resíduos sólidos urbanos, e ainda podem ser aplicáveis a resíduos combustíveis. A figura 02 ilustra as diferentes regiões de temperatura dentro de um gaseificador de leito fixo.

Figura 02 - Estágios da gaseificação em leito fixo com fluxo ascendente



Fonte: Prabir, 2013

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O corpo do leito do gaseificador, em aço inoxidável, tem 50 cm de diâmetro por 2 m de altura, sendo cônico na base com diâmetro do bocal de 20 cm. O projeto do gaseificador foi desenvolvido no software AutoCAD, detalhando as peças mecânicas do equipamento e organizando-as em seus respectivos componentes. Após a fase de projeto, iniciou-se a construção mecânica do gaseificador, o equipamento foi posicionado verticalmente, com a base cônica voltada para baixo. O corpo do leito, apresentado na figura 03, foi fabricado em aço inoxidável, com 80 cm de diâmetro por 2 m de altura, sendo cônico na base, com o diâmetro do bocal de 20 cm.

Figura 03 - Montagem do gaseificador e limpador de gás.



Fonte: Elaborado pela autora.



Na extremidade interna ao leito ficará uma cotovelo de 3 polegadas voltado para cima, a fim de auxiliar na verticalização da chama. Entre o soprador e a referida entrada serão dispostos ainda em continuação com 3 polegadas, um acessório tipo Tê para efetuar o reciclo do gás, uma válvula gaveta e um medidor de vazão de placa de orifício. Posteriormente, a estrutura tubular de entrada foi acoplada na lateral do leito.

O ar deverá ser suprido por um soprador do tipo siroco ou um compressor radial, disponíveis no laboratório com motores. Foram usados sopradores WEG de 7,5CV com vazão máxima de  $2\text{m}^3/\text{min}$ . A regulação para uma vazão requerida durante a operação se fará proporcional à modulação da rotação do motor. Essa modulação é comandada pelo inversor de frequência Siemens CFW-09 de acordo com uma ação de controle pelo operador ou software. O inversor de frequência, cuja instalação foi feita no laboratório, será usado para variar a vazão de ar alimentada para a combustão. Essa vazão será medida com um medidor do tipo placa de orifício.

Nesse viés, com a finalização da montagem e integração, será possível a implementação dos primeiros testes do gaseificador. No primeiro teste, pretende-se utilizar os tecidos disponíveis no laboratório, carregando o gaseificador até a capacidade operacional, ainda a ser definida. Estes tecidos consistem principalmente em retalhos de diversos formatos. Após a ativação do soprador de ar (possivelmente, também do soprador de reciclo) e ajuste das vazões de ar, a etapa subsequente envolverá a ignição do gaseificador, essa operação consiste essencialmente em direcionar uma chama, ou um pavio com óleo, através de um canal (orifício na parede do leito) que conduz a chama até o meio comburente.

## 4 CONCLUSÕES

Em suma, foi possível analisar características gerais dos gaseificadores e a diferenciação baseada nos meios de suporte da biomassa no reservatório do reator, a direção do fluxo da biomassa e do oxidante, assim como conceitos de poder calorífico em reatores. O gaseificador desenvolvido vem se destacando por seu custo baixo e acessível com reutilização de peças e equipamentos, facilidade de montagem e operação, para uma viabilidade e eficácia do sistema de gaseificação, contribuindo para a gestão ambiental.



## 5 REFERÊNCIAS

BRASIL, Ministério de Minas e Energia. **Biomassa, biocombustíveis e Energia**. Elab: COELHO, Jorge Cals. Brasília, 100p. 1982.

BRASIL. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos – Versão Preliminar**. [s.l: s.n.]. 2012.

LORA, E. E. S., ANDRADE, R. V., ÁNGEL, J. D. M., LEITE, M. A. H., ROCHA, M. H., de SALES, C. A. V. B., MENDOZA, M. A. G.; CORAL, D. D. S. O. **Gaseificação e pirólise para a conversão da biomassa em eletricidade e biocombustíveis**. Biocombustíveis, vol. 2, editora: Interciência. 2012.

RAJVANSHI, A. K. **Biomass Gasification - Nimbkar Agricultural Research Institute PHALTAN**. In: “Alternative Energy in Agriculture” – Chapter 4, Vol II, Ed. D. Yogi Goswami, CRC Press, Maharashtra, Índia. 83-102p. 1986.

SARAVANAKUMAR, AYYADURAI; WEI-HSIN CHEN; KANTHA DEIVI ARUNACHALAM; YOUNG-KWON PARK; HWAI CHYUAN ONG. Pilot-scale study on downdraft gasification of municipal solid waste with mass and energy balance analysis. Fuel, vol.315, n.1, 2022 (in press). <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2022.123287>