

08 a 11 de Outubro de 2018
Instituto Federal Fluminense
Búzios - RJ

SIMULAÇÃO E OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE PIRÓLISE DE BIOMASSAS

Lizandro de Sousa Santos¹ - lizandrosousa@id.uff.br

Isabela Barreto Correa¹ - isabelabarreto@id.uff.br

¹Departamento de Engenharia Química e de Petróleo, Escola de Engenharia, Rua Passo da Pátria, 156 CEP 24210-240, Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ, Brazil

Resumo. *Este trabalho consiste na implementação computacional, por meio da utilização do software científico Scilab, do modelo cinético de pirólise rápida da biomassa. O mecanismo reacional proposto considera um sistema simplificado onde a biomassa é considerada um único componente e não distingue a composição das fases líquida (bio-óleo), sólida (carvão) e gasosa formadas. O modelo desenvolvido origina um sistema de equações diferenciais ordinárias resolvidas por um método do tipo Runge-Kutta. Os resultados possibilitaram avaliar o comportamento da pirólise rápida da biomassa, que retrata o comportamento das frações mássicas das fases produzidas em função da temperatura e do tempo de residência. Também realizou-se a otimização do processo da pirólise, com o uso do método Simplex-Nelder-Mead, obtendo-se as temperaturas ótimas para formação do bio-óleo, principal produto de interesse, em tempos usualmente utilizados de 2,5 s, 5 s, 7,5 s e 10 s, no caso da madeira e um tempo de 2,5 s quando utilizado palha como biomassa.*

Keywords: *Scilab, Modelo cinético, Pirólise rápida da biomassa, Bio-óleo, Otimização*

1. INTRODUÇÃO

Fontes de energia sustentáveis têm sido alvo de pesquisas devido ao aumento da preocupação ambiental e da demanda energética mundial. Neste contexto, vêm ganhando destaque os bio-combustíveis, como exemplos o biogás, etanol e biodiesel, que são combustíveis produzidos a partir de biomassa. Esta última consiste em toda matéria orgânica de origem vegetal ou animal que pode ser utilizada na produção de energia, incluindo carvão, madeiras, resíduos agrícolas, excrementos. Trata-se de um recurso renovável, e a sua utilização em substituição aos combustíveis fósseis reduz as emissões de gases que contribuem para o efeito estufa (BALAT, M. *et al.*, 2009).

A biomassa é convertida em produtos intermediários de alto valor energético por meio da aplicação de tecnologias de processamento termoquímico, os quais incluem a combustão, a gaseificação e a pirólise. Embora essas tecnologias já sejam praticadas na indústria por um longo tempo no processamento de combustíveis fósseis, sua aplicação em um contexto de biorrefinaria é relativamente nova. (Sadhukhan, 2014).

Como destaque, tem-se a pirólise, mais especificamente a pirólise rápida, que é realizada em poucos segundos e na ausência ou escassez de oxigênio, com o intuito de evitar a ocorrência simultânea de processos de combustão e gaseificação. Os produtos resultantes consistem em uma fase líquida e sólida, denominadas, respectivamente, de bio-óleo e carvão pirolítico, além de uma fase gasosa. Durante a pirólise rápida é requerido um rigoroso controle das condições operacionais visando a obtenção do bio-óleo, principal produto de interesse econômico. Dessa forma, torna-se necessário identificar a temperatura e tempo ótimos de operação, os quais variam com as propriedades da biomassa a ser utilizada, e são identificados por meio da utilização de algoritmos de otimização e pela implementação de modelos existentes que descrevem os fenômenos ocorridos dentro das unidades de processo, como as reações e suas cinéticas (BALAT, M. *et al.*, 2009).

Uma grande quantidade de modelos desenvolvidos para descrever a pirólise da biomassa considera que esta seja controlada cineticamente, sendo os efeitos difusivos negligenciados. Com essa finalidade, utilizam-se experimentalmente taxas de aquecimento específicas e micropartículas, cujos tamanhos variam entre 100 e 1000 micrometros. Exemplos consistem nos modelos propostos por Miller *et al.* (1997) e Ranzi *et al.* (2008), que consideram a biomassa formada unicamente pelos seus principais componentes, a dizer a celulose, hemicelulose e lignina, assim como desprezam as interações existentes entre eles durante suas decomposições térmicas.

De acordo com Miller *et al.* (1997), considera-se o mesmo mecanismo de reação para os três componentes da biomassa (Fig. 1). Os três mecanismos resultantes são aplicados conjuntamente e apresentam as constantes de velocidade k_i diferentes entre si, com exceção do valor de k_4 , relativo a formação secundária de gás. O parâmetro X, obtido experimentalmente, assume um valor de 0,35 para a celulose, 0,60 para hemicelulose e 0,75 para a lignina. Apesar de ter sido idealizado há um pouco mais de 10 anos, este modelo continua sendo muito empregado, visto que ele é retomado em vários artigos mais atuais, como o do Di Blasi, *et al.* (2007) e do Blondeau, *et al.* (2012).

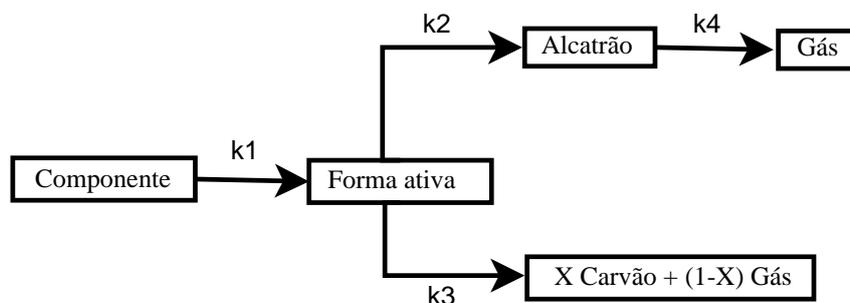


Figura 1- Esquema genérico de reação do modelo cinético da celulose, hemicelulose e lignina desenvolvido por Miller, *et al.* (1997).

O modelo de Ranzi *et al.* (2008) serve como base para vários outros mais atuais, como os de Anca-couse *et al.* (2014) e Dussan *et al.* (2017). Este, diferentemente do desenvolvido por Miller *et al.* (1997), considera para cada componente da biomassa um mecanismo diferente, mas apresentam em comum o fato de todas as reações serem do tipo Arrhenius, de primeira ordem e irreversíveis. A complexa estrutura química das ligninas requereu a adoção de diferentes componentes de referência, identificados por LIG-C, LIG-O e LIG-H, que remetem a característica de serem mais ricos em carbono, oxigênio e hidrogênio, respectivamente. Além do mais, realizou-se a caracterização do bio-óleo e gás formados, com indicação de vinte diferentes espécies

químicas, dentre as quais incluem-se o H_2 , CO_2 , CO , H_2O , xilano, ácido acético (CH_3COOH), levoglucosano (LVG), 5-hidroximetil-furfural (HMFU). Houve a determinação dos coeficientes estequiométricos destas espécies nas diferentes reações químicas que compõem os mecanismos. As reações envolvidas no mecanismo da celulose e suas correspondentes constantes de velocidades encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1- Esquema cinético de pirólise de celulose dado por Ranzi *et al.* (2008).

Reação	k [s ⁻¹]
CELULOSE → CELULOSE ATIVA	$8 \times 10^{13} \exp(-192.5/(RT))$
CELULOSE ATIVA → 0.95 CH_3COOH + 0.25 $OCHCHO$ + 0.2 CH_3CHO + 0.2 C_3H_6O + 0.25 HMFU + 0.2 CO_2 + 0.15 CO + 0.1 CH_4 + 0.9 H_2O + 0.65 Carvão	$1 \times 10^9 \exp(-125.5/(RT))$
CELULOSE ATIVA → LVG	$4T \exp(-41.8/(RT))$
CELULOSE → 5 H_2O + 6 Carvão	$8 \times 10^7 \exp(-133.9/(RT))$

2. EQUACIONAMENTO DO MODELO CINÉTICO UTILIZADO

Visando-se simplificar o processo global da pirólise de biomassas foram criados modelos, como o descrito por Van de Velden, *et al.* (2008), que consideram a biomassa como um composto único, no qual todas as substâncias que a compõe são reduzidas a uma só quando o mecanismo da reação é analisado. Tais modelos apresentam como vantagem um menor tempo computacional requerido para realização dos cálculos, além de previsões consistentes com dados experimentais no que tange a previsão do rendimento dos produtos, embora não forneça informações sobre a distribuição dos mesmos.

O conceito apresentado por Van de Velden, *et al.* (2008), utilizado no presente trabalho, é descrito por Sadhukhan, *et al.* (2012) e se encontra esquematizada na Fig. 2. De acordo com tal modelo, assume-se a ocorrência de reações primárias envolvendo a formação de gás, bio-óleo e carvão a partir da biomassa. Também há a ocorrência de reações secundárias, que consistem na conversão de parte do bio-óleo formado em carvão e gás. Essas reações secundárias ocorrem numa velocidade bem inferior em comparação às reações primárias, e são catalisadas pela presença de carvão. Experimentalmente, observa-se que a conversão do bio-óleo em carvão é insignificante, podendo ser omitida.

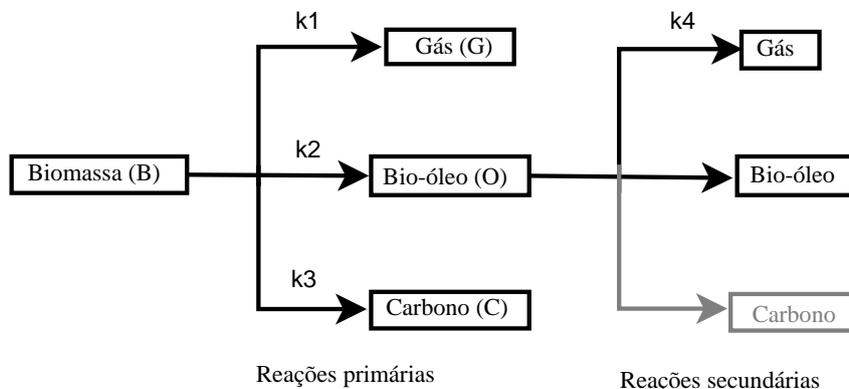


Figura 2- Mecanismo de pirólise de biomassa apresentado por Van de Velden, *et al.* (2008).

As equações das taxas das reações indicadas na Fig. 2 correspondem às Eqs. (1-4). Por meio da estrutura de tais equações, tem-se que as reações a elas associadas são de primeira ordem, e considera-se um reator batelada de volume constante e com mistura perfeita. Ademais, estas se encontram escritas em função das constantes de velocidade (k_1 , k_2 , k_3 e k_4) e das frações mássicas de biomassa, gás, bio-óleo e carvão (m_B , m_G , m_O e m_C respectivamente), que são dependentes do tempo de residência (t) das partículas de biomassa no riser do reator.

$$\frac{dm_B(t)}{dt} = (k_1 + k_2 + k_3)m_B(t) \quad (1)$$

$$\frac{dm_G(t)}{dt} = k_1m_B(t) + k_4m_O(t) \quad (2)$$

$$\frac{dm_O(t)}{dt} = k_2m_B(t)k_4m_O(t) \quad (3)$$

$$\frac{dm_C(t)}{dt} = k_3m_B(t) \quad (4)$$

Pode-se definir uma constante global para as reações primárias (k), que consiste na soma de k_1 , k_2 e k_3 , como expresso na Eq.(5).

$$k = k_1 + k_2 + k_3 \quad (5)$$

Como condição inicial para resolução do conjunto de equações diferenciais ordinárias de primeira ordem retromencionado, consta-se que, em $t = 0$, $m_B = 1$, $m_G = 0$, $m_O = 0$ e $m_C = 0$. A resolução final é apresentada nas Eqs. (6-9).

$$m_B(t) = \exp(kt) \quad (6)$$

$$m_G(t) = -\frac{k - k_4}{k} [kk_1 \exp(-kt) - k_1k_4 \exp(-kt) - k_2k_4 \exp(-kt) + kk_2 \exp(-k_4t) - kk_1 + k_1k_4 - kk_2 + k_2k_4] \quad (7)$$

$$m_O(t) = \frac{k_2}{k - k_4} \exp(kt) [\exp(-t(k - k_4)) - 1] \quad (8)$$

$$m_C(t) = \frac{k_3}{k} [1 - \exp(-kt)] \quad (9)$$

A constante k é obtida por meio de métodos experimentais, as quais incluem análise termogravimétrica (TGA). Por meio da utilização do TGA, Van de Velden, *et al.* (2008) obteve, para vários tipos de biomassa, valores da energia de ativação da reação primária global e do fator pré-exponencial da equação de Arrhenius escrita para o k . Os resultados encontram-se na Tabela 2. Vale-se ressaltar que as biomassas utilizadas apresentavam uma percentagem mássica de celulose, hemicelulose e lignina em torno de 45%, 30% e 25%, respectivamente.

Tabela 2- Parâmetros para o cálculo do k obtidos experimentalmente por Van de Velden, *et al.* (2008)

Tipos de biomassa	Ea(KJ mol ⁻¹)	A(s ⁻¹) à 100Kmin ⁻¹
Abeto	68,4	3,45.10 ⁴
Eucalipto	86,4	1,06.10 ⁶
Álamo	54,1	1,00.10 ³
Serragem	75,8	9,12.10 ⁴
Milho	77,0	2,55.10 ⁵
<i>Helianthus</i>	63,9	2,48.10 ⁴
Palha	76,3	3,16.10 ⁵

Para o cálculo de k_1 e k_4 , utiliza-se como estimativa as Eq. (10) e Eq. (11), respectivamente, onde R é a constante universal dos gases (8.314 kJ kmol⁻¹ K⁻¹) e T a temperatura de reação da pirólise, em Kelvin.

É observado experimentalmente que a fração mássica do carvão apresenta um valor máximo, denominado de $m_{c,\infty}$, e que se torna constante quando o estado estacionário é atingido. Valores para $m_{c,\infty}$ obtidos por Van de Velden, *et al.*(2008) consistem em 21% para a biomassa abeto, 30% para a palha e, para as demais biomassas analisadas, indicadas na Tabela 1, este valor variou entre 19 e 26%.

Fazendo-se o tempo tender a infinito na Eq. (9), resulta-se na Eq. (12), por meio da qual a constante k_3 pode ser determinada. Entretanto, para tal, é necessário determinar previamente a constante k_2 , o que é feito por meio da Eq. (13), resultante de um sistema formado pelas Eq. (12) e Eq. (5).

$$k_1 = 14300 \exp\left(\frac{-106500}{RT}\right) \quad (10)$$

$$k_4 = 7900 \exp\left(\frac{-81000}{RT}\right) \quad (11)$$

$$k_3 = \frac{m_{c,\infty}}{1 - m_{c,\infty}}(k_1 + k_2) \quad (12)$$

$$k_2 = (1 - m_{c,\infty})k - k_1 \quad (13)$$

3. OTIMIZAÇÃO

A otimização é uma área de estudos da engenharia que tem como objetivo encontrar a grandeza ótima de uma dada medida de performance de um sistema. Para a implementação de uma rotina de otimização de processo faz-se necessário identificar o objetivo, uma medida quantitativa do desempenho do sistema em estudo. O objetivo pode ser, por exemplo, o lucro, consumo de energia, composição de um produto ou uma combinação de objetivos (NOCEDAL e WRIGHT, 1999).

Tipicamente, os modelos utilizados para representar processos químicos são baseados em leis da conservação (para massa, energia e momento), e equações constitutivas que descrevem o equilíbrio de fases e químico, fenômenos de transporte, equações cinéticas. Um problema de otimização é definido como (Alvarães, 2017):

$$\max_x [f(x, y)] \quad (14)$$

$$g_j(x, y) \leq 0; j = 1, \dots, m_i \quad (15)$$

$$h_j(x, y) = 0; j = 1, \dots, m_e \quad (16)$$

$$x_{\min} \leq x \leq x_{\max} \quad (17)$$

Onde f, g e h referem-se respectivamente à função objetivo, às restrições de desigualdade e às restrições de igualdade, m_i corresponde o número total de restrições de desigualdade e m_e representa o número total as restrições de igualdade. As variáveis de decisão são representadas por x_i , $i=1, \dots, n$ e n é o número de variáveis de decisão. Já y se refere às variáveis de estado (dependentes) (Alvarães, 2017).

Neste trabalho a otimização foi definida de maneira a maximizar a fração mássica de óleo ao final do processo reacional, ou seja:

$$\max_T [m_O(T)] \quad (18)$$

$$m_O(T) = \frac{k_2}{k - k_4} \exp(kt_f) [\exp(-t_f(k - k_4)) - 1] \quad (19)$$

$$T \geq 475 \quad (20)$$

A temperatura é a única variável independente do problema de otimização. O seu valor mínimo é 475 K de acordo com estudos realizados por Di Blasi *et al.* (2008). Note que a função objetivo consiste na Eq. 8 calculada para um tempo final t_f , resultando na Eq.19. As informações para o cálculo dos parâmetros dependentes da temperatura k , k_4 e k_2 encontram-se na seção 2.

O Scilab apresenta várias funções que resolvem problemas de otimização, dentre os quais destaca-se o `fminsearch`. A função `fminsearch` calcula o mínimo irrestrito de uma função de n variáveis com o algoritmo Nelder-Mead, de natureza iterativa. Este é um algoritmo de busca direta, ou seja, não utiliza a derivada da função objetivo. Baseia-se na atualização de um simplex, que consiste em polítopo especial de $n+1$ vértices em n dimensões. Exemplos de simplex incluem um segmento de reta, triângulo e tetraedro nos espaços uni, bi e tridimensional, respectivamente. Cada vértice do simplex está associado a um valor da função objetivo. Rejeita-se o vértice onde este valor é maior, o substituindo por outro. Consequentemente, há a formação de um novo simplex, e este processo é repetido até se encontrar as coordenadas do ponto mínimo (NOCEDAL e WRIGHT, 1999).

Implementações típicas deste algoritmo possibilita a minimização de uma função objetivo, ou a maximização por meio da minimização de seu negativo. Uma observação importante é que problemas de otimização irrestritos podem ser oriundos de reformulações de problemas de otimização restritos, nos quais as restrições são substituídas por termos de penalização na função objetivo. Um exemplo seria $f(T) = -m_O(T) + 1000 \cdot \text{abs}[\max(0, 475 - T)]$, onde o segundo termo de $f(T)$ corresponde à penalização. Com isso, valores de temperatura inferiores a 475 K fazem o termo de penalização e, consequentemente, $f(T)$ assumir um valor muito grande.

4. IMPLEMENTAÇÃO COMPUTACIONAL

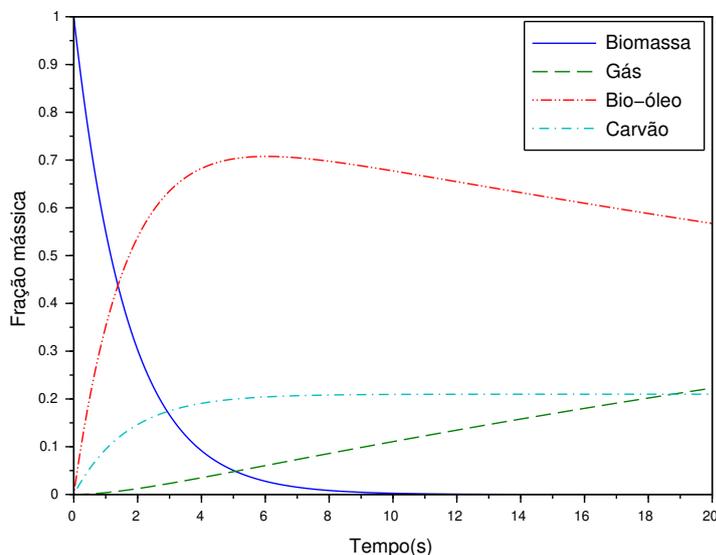


Figura 3- Frações mássicas em função do tempo para uma temperatura de 750 K.

Computacionalmente, por meio da utilização do software científico Scilab®, analisou-se o processo de pirólise da madeira abeto por meio da implementação do modelo utilizado por Van de Velden, *et al.* (2008) e descrito na seção 2 deste trabalho. Ressalta-se que não empregou-se as soluções analíticas, Eqs.(6-9), mas aplicou-se um método do tipo Runge-Kutta, mais especificamente o método de Adams-Moulton, por meio da utilização da função “ode”, para resolução do sistema de EDOs dado pelas Eqs.(1-4).

Com o objetivo de avaliar o efeito do tempo de reação sobre o processo, analisaram-se gráficos que descrevem o comportamento das frações mássicas da biomassa, bio-óleo, gás e carvão em relação ao tempo para uma temperatura de 750 K (Fig. 3). A análise da Fig. 3 demonstra que o consumo total de abeto ocorre em cerca de 8 segundos, além de indicar um crescimento da produção de carvão até 4 segundos de reação, tempo a partir do qual permanece constante. Já a quantidade de produtos voláteis aumenta à medida que o tempo de residência aumenta, crescendo até atingir um máximo. A partir deste ponto, as reações secundárias passam a se tornar relevantes.

De acordo com Balat *et al.* (2009), a pirólise rápida ocorre em tempos de residência entre 0,5 s e 10 s. Já uma faixa de temperatura ótima para realização da pirólise rápida é de 475 K - 775K segundo Di Blasi *et al.* (2008). Utilizando-se a faixa de temperatura comentada anteriormente, assim como um tempo de residência de 2,5 s, resultou-se na variação das frações mássicas ilustrada nos gráficos da Fig. 4. Estes gráficos incluem os resultados obtidos por Van de Velden, *et al.* (2008), podendo-se observar visualmente uma grande semelhança com os resultados do presente trabalho. Dispondo-se do conceito estatístico de erro quadrático médio, é possível mensurar numericamente o desvio existente entre estes resultados (Tabela 3). A provável explicação para as diferenças observadas consiste na utilização de estimativas para os valores das constantes de velocidade k_1 e k_4 . Uma abordagem mais coerente seria a obtenção, para cada tipo de biomassa, das expressões destas constantes.

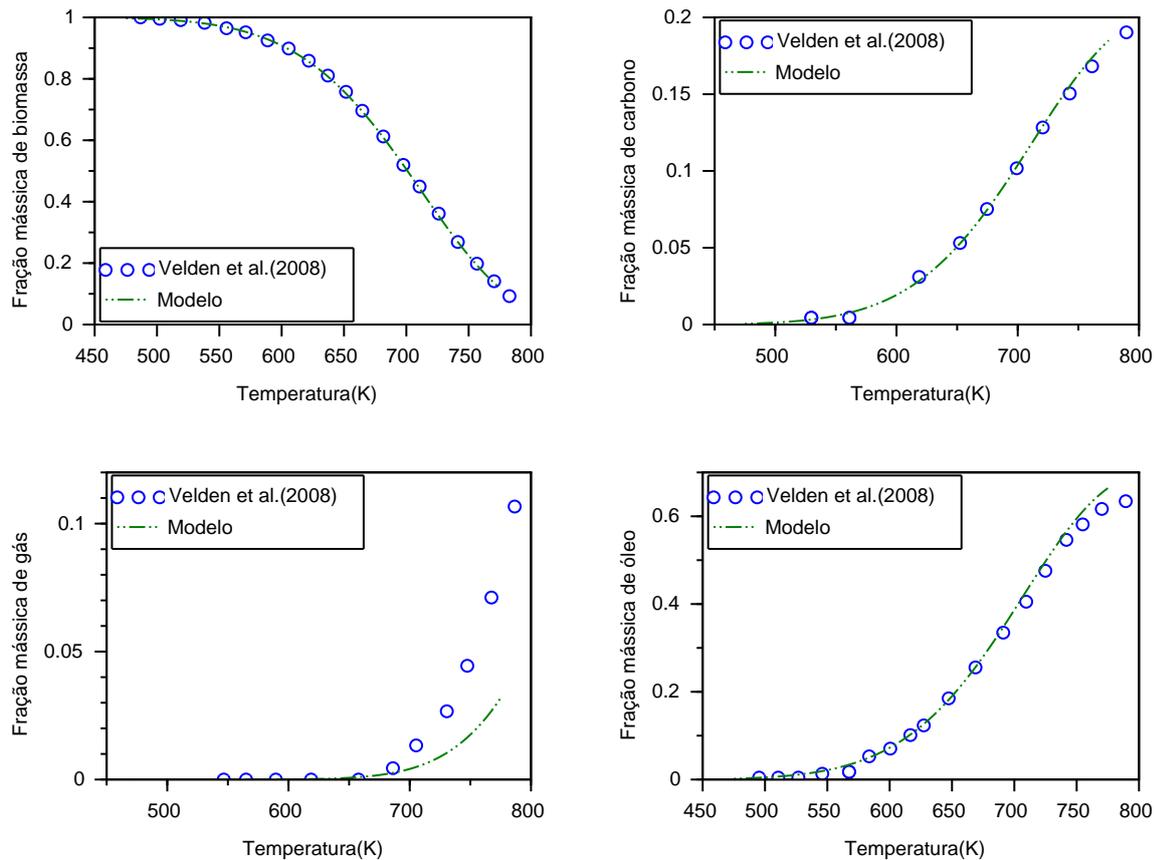


Figura 4- Comparação entre as frações mássicas em função da temperatura obtidas por Van de Velden, *et al.* (2008) e pelo atual trabalho para um tempo de 2,5 s

Tabela 3- Erros quadráticos médios entre os valores obtidos neste trabalho e os obtidos por Van de Velden, *et al.* (2008) para o bio-óleo, gás, carvão e biomassa.

Compostos	Erro quadrático médio
Bio-óleo	0,000384
Gás	0,0006744
Carvão	0,0000091
Biomassa	0,0000141

Plotou-se um gráfico 3D, com o auxílio da função “surf”, que permitiu a visualização do efeito conjunto de temperatura e tempo de residência no rendimento da fração mássica de interesse (Fig.5). A região ótima de produção de bio-óleo está evidenciada na região de vermelho intenso no gráfico. Quanto maior o tempo de residência, menor é a temperatura que favorece a produção do bio-óleo, visto que, para um tempo de residência longo, temperaturas muito elevadas favorecem produtos gasosos devido reações secundárias. A Tabela 4 exemplifica este fato, onde a otimização da temperatura em diferentes tempos de residência para a biomassa abeto foi realizada por meio da utilização da função “fminsearch”.

Na Tabela 4 também se encontra o resultado da otimização da temperatura ao se utilizar a biomassa palha para um tempo de 2,5 s. Van de Velden, *et al.* (2008) obteve, para a mesma

biomassa e tempo de reação, uma temperatura ótima de 763K e fração mássica de bio-óleo correspondente de 0,658, valores praticamente idênticos aos encontrados neste trabalho. Já para a biomassa abeto, este mesmo autor obteve para 2,5 s uma temperatura ótima e fração de bio-óleo de, respectivamente, 793K e 0,625. A possível causa para tal considerável diferença em relação aos valores obtidos no trabalho já foi comentada anteriormente.

Tabela 4- Temperaturas ótimas da pirólise de abetos para diferentes tempos, e temperatura ótima de pirólise de palha para 2,5 segundos.

Tipos de biomassa	Tempo (s)	Temperatura ótima (K)	Fração mássica de bio-óleo
Abeto	2,5	809,38	0,698
	5,0	760,01	0,706
	7,5	733,81	0,710
	10,0	716,27	0,713
Palha	2,5	759.083	0,663

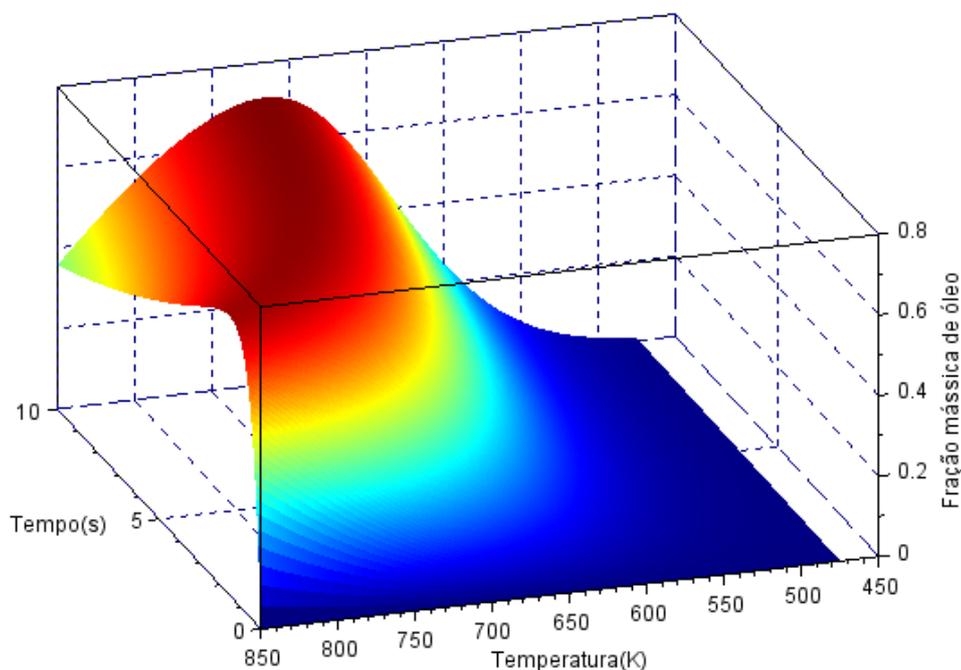


Figura 5- Variação da fração mássica de bio-óleo em função da temperatura e tempo.

5. CONCLUSÕES

A otimização dos parâmetros do processo (temperatura e tempo) através da modelagem cinética da pirólise da biomassa foi realizada visando-se o rendimento do bio-óleo. Pode-se observar que o resultado da otimização para a biomassa palha foi praticamente idêntico ao obtido por Van de Velden, *et al.* (2008), o que indica o sucesso da implementação computacional

do modelo utilizado. Entretanto, houve pequenas disparidades em relação a biomassa abeto tanto no que diz respeito a otimização quanto a avaliação do efeito da temperatura nas frações mássicas, sendo estas possivelmente decorrentes de falhas no próprio modelo utilizado e que possivelmente foram corrigidos pelo autor.

Como sugestão futura, recomenda-se a aplicação de modelos multi-componentes, como os desenvolvido por Miller, *et al.* (1997) e Ranzi, *et al.* (2008), que possibilitam uma descrição mais detalhada da cinética envolvida na pirólise da biomassa.

Agradecimentos

Ao programa CNPq/PIBIC pelo financiamento do projeto de pesquisa número IC178804 e à Universidade Federal Fluminense pelo apoio.

Referências

- Alvarães, A.O.(2017), “*Otimização de processos contínuos para produção de biodiesel*”, Dissertação de mestrado, UFF, Niterói.
- Anca-couce, A.; et al. (2014) Kinetic scheme of biomass pyrolysis considering secondary charring reactions. *Energy Conversion and Management*. 87, 687- 696.
- Balat, M.; et al. (2009) Main routes for thermos-conversion of biomass into fuels and chemicals. Part 1. Pyrolysis systems. *Energy Conversion and Management*. 50, 3141- 3157.
- Blondeau, J.; et al. (2012) Biomass pyrolysis at high temperatures: Prediction of gaseous species yields from an anisotropic particle. *Biomass and bioenergy*. 41, 107- 121.
- Di Blasi, C.; Baeyens, J. (2008) Modeling chemical and physical processes of wood and biomass pyrolysis. *Progress in Energy and Combustion Science*. 34, 47 - 90.
- Dussan, K.; et al (2017) Integrating compositional features in model compounds for a kinetic mechanism of hemicellulose pyrolysis. *Chemical Engineering Journal* 328, 943 - 961.
- Miller, R.S.; Bellan, J.(1997) A generalized biomass pyrolysis model based on superimposed cellulose, hemicellulose and lignin kinetics. *Combust Sci Technol*, 126(1), 97-137.
- NOCEDAL J. E WRIGHT S.J. (1999), “*Numerical Optimization*”, 1º ed., Springer-Verlag, Inc, USA, New York.
- Ranzi, E; Cuoci A; Faravelli T; Frassoldati A; Migliavacca G; Pierucci S; et al .(2008) Chemical kinetics of biomass pyrolysis. *Energy Fuel*, 22(6), 4292-300.
- Sadhukhan, J; et al. (2014), “*Biorefineries and Chemical Processes. Design, Integration and Sustainability Analysis*”, 1º ed., John Wiley Sons, Ltd, United Kingdom.
- Van De Velden, M.; Baeyens, J.; Boukis, I. (2008), Modeling CFB biomass pyrolysis reactors. *Biomass Bioenergy*. 32, 128-139.

SIMULATION AND OPTIMIZATION OF BIOMASS PYROLYSIS PROCESS

Abstract. *This work consists of the computational implementation, through the use of Scilab scientific software, of the kinetic model of fast pyrolysis of biomass. The proposed reaction mechanism considers a simplified system where biomass is considered a single component and does not distinguish the composition of the liquid phases (bio-oil), solid (coal) and gaseous formed. The developed model originates a system of ordinary differential equations solved by a Runge-Kutta method. The results allowed to evaluate the behavior of the rapid pyrolysis of the biomass, which shows the behavior of the mass fractions of the phases produced as a function of temperature and residence time. The optimization of the pyrolysis process was also carried out with the use of the Simplex-Nelder-Mead method, obtaining optimum temperatures for the formation of the bio-oil, the main product of interest, at the usual times of 2.5 s, 5 s, 7.5 and 10 s, in the case of wood and a time of 2.5 s when straw is used as biomass.*

Keywords: *Scilab, Kinetic model, Fast biomass pyrolysis, Bio-oil, Optimization*