

Estudo experimental para estimação da temperatura da combustão de resíduos urbanos de coco verde

Experimental study to estimate the combustion temperature of green coconut urban waste

DOI:10.34117/bjdv7n9-021

Recebimento dos originais: 01/08/2021

Aceitação para publicação: 01/09/2021

Paulo Henrique Martins do Nascimento

Mestrando em Engenharia Mecânica pela Universidade Santa Cecília - UNISANTA
Endereço: Rua Dr. Oswaldo Cruz, 277 - Boqueirão - Santos - SP - CEP: 11045-101
E-mail: paulomartins.nasc@hotmail.com

Carlos Teófilo Salinas Sedano

Doutor em Engenharia Mecânica pela Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP
Professor no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica pela Universidade Santa Cecília - UNISANTA
Endereço: Rua Dr. Oswaldo Cruz, 277 - Boqueirão - Santos - SP - CEP: 11045-101
E-mail: csalinas_99@yahoo.com

RESUMO

Este trabalho visa estimar a temperatura de combustão de resíduos sólidos da biomassa de coco verde urbano. Foram realizados diversos testes de combustão através de um estudo experimental a nível de laboratório. Utilizando técnicas de espectrometria na faixa da região de luz visível, calculou-se a temperatura de chama durante o processo de combustão da biomassa de coco verde. Os experimentos foram realizados numa câmara de combustão tubular do tipo grelha utilizando biomassa de coco verde nas composições: epicarpo, mesocarpo e endocarpo. Os cálculos de temperatura foram determinados por meio dos espectros de emissão de chamas e o método de Duas Cores, observou-se que na região da zona espectral na faixa de 600 a 900 nm, onde a medição é mais estável e fisicamente representativa, os valores de temperatura de chama para os casos de epicarpo, mesocarpo e endocarpo de coco verde ficaram na média de 1000 à 1500 K. Encontrou-se que a média estatística de temperatura e desvio padrão foram respectivamente de 1273,02 K e 138,5 K para o bagaço de coco verde incluindo as três composições (epicarpo, mesocarpo e endocarpo). Também foram determinadas as medianas para as temperaturas de chama em que foram encontrados valores de 1316, 1270,5, 1222 e 1271 K, respectivamente para o epicarpo, mesocarpo, endocarpo e bagaço de coco na sua composição completa.

Palavras-Chave: Biomassa, Coco verde, Combustão, Espectrometria, Duas Cores.

ABSTRACT

This work aims to estimate the combustion temperature of solid residues from urban green coconut biomass. Various combustion tests were carried out through an experimental study at the laboratory level. Using spectrometry techniques in the visible light region, the flame temperature was calculated during the green coconut biomass combustion process. The experiments were carried out in a grid-type tubular combustion chamber

using green coconut biomass in the following compositions: epicarp, mesocarp and endocarp. The temperature calculations were determined by means of the flame emission spectra and the Two Color method, it was observed that in the region of the spectral zone in the range of 600 to 900 nm, where the measurement is more stable and physically representative, the values of flame temperature for the cases of epicarp, mesocarp and endocarp of green coconut were in the average of 1000 to 1500 K. It was found that the statistical mean of temperature and standard deviation were respectively 1273.02 K and 138.5 K for the green coconut bagasse including the three compositions (epicarp, mesocarp and endocarp). Medians were also determined for flame temperatures at which values of 1316, 1270.5, 1222 and 1271 K were found, respectively, for the epicarp, mesocarp, endocarp and coconut bagasse in its complete composition.

Keywords: Biomass, Green coconut, Combustion, Spectrometry, Two colors.

1 INTRODUÇÃO

A geração de energia através da queima de biomassa vegetal é um processo ambientalmente favorável e economicamente viável em virtude da grande abundância de matérias primas com baixo custo e facilidade de aquisição por valores não muito expressivos. O consumo de água de coco verde no Brasil é crescente e significativo devido aos seus excelentes benefícios naturais. A alta demanda é suprida pela comercialização do fruto e principalmente pelos processos de extração e envasamento da água. No entanto, estima-se que são produzidos mais de 2 milhões de toneladas de frutos de coco anualmente no Brasil [1], e levando em conta que uma unidade de coco sem o albúmen líquido (água de coco) representa cerca de 80% do seu peso bruto total, todo esse volume de resíduo acarreta elevado impacto ambiental negativo. Em vista dessa problemática, os grandes centros urbanos, onde nas praias do litoral cerca de 70% do lixo gerado é composto por resíduos de coco verde [2], e em temporadas de verão em que o número de turistas nas praias aumenta de forma significativa, enfrentam o desafio de solucionar medidas alternativas e sustentáveis para diminuir o impacto ambiental causado pela geração deste resíduo. Desta forma, o reaproveitamento do coco verde, além de ajudar na preservação do meio ambiente, tem potencial de gerar empregos podendo contribuir com o desenvolvimento econômico de uma região.

A biomassa, assim como o petróleo, é um hidrocarboneto, porém, ao contrário dos combustíveis fósseis, a biomassa contém átomos de oxigênio em sua composição química. A presença de átomos de oxigênio faz com que a biomassa requeira menos oxigênio do ar, conseqüentemente seja menos poluente, mas também reduz a quantidade de energia a ser liberada, reduzindo o seu PCS. Biomassa vegetal é uma composição

estruturada de três famílias de compostos químicos: hemicelulose, celulose e lignina, além de outras espécies menores (compostos alifáticos e fenólicos). A composição elementar da biomassa permite calcular a quantidade de ar necessária para o processo de combustão. A energia contida no combustível é denominada de Poder Calorífico Superior, e conhecendo-se a composição química do combustível, o Poder Calorífico Inferior do combustível pode ser calculado, e através do PCI é possível dimensionar a potência de plantas térmicas.

Em virtude da crescente e global demanda por energia em que vivemos, consumo excessivo dos combustíveis fósseis e alterações climáticas, alguns países têm incentivado o uso de fontes de energias renováveis, tais como a biomassa como prioridade estratégica nacional [3]. A biomassa pode ser obtida através de fontes de vegetais não-lenhosos, de vegetais lenhosos, óleos vegetais e resíduos orgânicos [4]. O aproveitamento de biomassa pode ser realizado através de processos de combustão direta, termoquímicos, tais como a gaseificação, pirólise, liquefação e transesterificação ou por meio de processos biológicos, como por exemplo a digestão anaeróbia e fermentação [5].

Combustão de biomassa é um processo de conversão da energia realizado através da reação dos elementos da biomassa com o ar. O processo ocorre com excesso de oxigênio e está relacionado a uma determinada quantidade de referência chamada de Quantidade de Ar Estequiométrica. A combustão de biomassa tem como produto de valor comercial o calor, e como resíduos gases, carvão e cinzas.

Em razão de seu alto teor de umidade, o processo de queima da biomassa de coco verde é inviável de maneira direta, sendo necessário a realização de algumas etapas anteriormente, tais como: secagem (redução do teor de umidade) e a moagem ou trituração que expande a área de contato da biomassa com a chama facilitando o processo de combustão. Também é de suma importância que seja removido toda sua polpa (albúmen sólido), material que não precisa ser descartado, podendo vir a ser utilizado para a produção de subprodutos como o leite de coco, coco ralado ou farelo de coco a serem utilizados em rações para a nutrição animal [6]. Contudo, existem relatos na literatura a respeito da utilização energética dessa biomassa, tais como, a produção de briquetes a partir dos resíduos de coco, em substituição à lenha por este produto [7]. A fabricação de briquetes ocorre através da compactação de resíduo de natureza lignocelulósica, em que é destruída a elasticidade natural das fibras desse resíduo, sendo uma forma bastante eficiente para concentrar a energia disponível da biomassa, pois em um volume de 1 m³ de briquetes, contém cerca de duas a cinco vezes mais energia que em 1 m³ de resíduos

[4]. Outro exemplo de utilização energética para os resíduos de coco verde é a transformação em carvão vegetal. Experimentos conduzidos por pirólise lenta (carbonização) do bagaço (mesocarpo) e da casca (epicarpo) do coco verde, demonstraram que tanto o carvão obtido da casca quanto do bagaço de coco verde, apresentam, pelo menos em termos qualitativos, viabilidade para uso energético [8].

Este trabalho tem como objetivo à realização de um estudo experimental para estimação da temperatura de chama através da combustão de resíduos urbanos de coco verde.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 MÉTODO DUAS CORES

A intensidade da radiação emitida por uma chama no comprimento de onda λ depende da emissividade da chama $\varepsilon(\lambda)$ e da temperatura T de acordo com a Lei de Planck, conforme equação 1:

$$I(\lambda, T) = \varepsilon(\lambda) \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5 (e^{\frac{hc}{\lambda kT}} - 1)} \quad (1)$$

Em que:

h é a constante de Planck;

c é a velocidade da luz;

k é a constante de Boltzmann.

Espera-se que a temperatura da chama seja superior a 800 K. No entanto, a partir da faixa de comprimento de onda de 300 a 1000 nm e temperatura entre 800 a 2000 K, uma vez que $hc / \lambda kT \gg 1$, a Lei de Planck pode ser substituída pela Lei de Radiação de Wien [9]:

$$I(\lambda, T) = \varepsilon(\lambda) \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5 \left(e^{\frac{hc}{\lambda kT}} \right)} = \varepsilon(\lambda) I_b(\lambda, T) \quad I(\lambda, T) = \varepsilon(\lambda) \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5 \left(e^{\frac{hc}{\lambda kT}} \right)} = \varepsilon(\lambda) I_b(\lambda, T) \quad (2)$$

Em que:

$I_b(\lambda, T)$ é a intensidade monocromática da radiação do corpo negro.

O princípio de julgar a propriedade cinzenta das chamas baseia-se na análise espectral e no método de duas cores para determinar a temperatura e a emissividade de uma chama descrita em [10].

O sistema espectrométrico consegue obter a intensidade de radiação monocromática acima da faixa de comprimento de onda de operação do espectrômetro

de 200 a 1100 nm. A saída do sistema espectrométrico e sistema de imagem de chama é apenas um valor de tensão convertido do sinal de radiação através da conversão fotoelétrica.

Com base no pressuposto de uma emissividade constante no comprimento de onda λ e $\lambda + \Delta\lambda$, a temperatura T é dada por:

$$T = -C_2 \left(\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda + \Delta\lambda} \right) / \ln \left[\frac{I(\lambda, T)}{I(\lambda + \Delta\lambda, T)} \frac{\lambda^5}{(\lambda + \Delta\lambda)^5} \right] \quad (3)$$

Após a temperatura T ser obtida, a emissividade $\varepsilon(\lambda)$ pode ser encontrada através da equação 4:

$$\varepsilon(\lambda) = I(\lambda, T) / I_b(\lambda, T) \quad (4)$$

Utilizando os dados espectrométricos, uma vez que a faixa de comprimento de onda da propriedade cinza é determinada como demonstrado em [10], a temperatura quase constante calculada através do método de duas cores nessa faixa de comprimento de onda pode ser tomada como temperatura a ser medida, bem como a média emissividade calculada a partir da equação (4).

Além disso, para o sistema de detecção de chamas, a temperatura T pode ser calculada a partir da razão de duas imagens de intensidade monocromática I_r e I_g pelo método de duas cores conforme equação 5:

$$T = -C_2 \left(\frac{1}{\lambda_r} - \frac{1}{\lambda_g} \right) / \ln \left[\frac{I(\lambda_r, T) \lambda_r^5 \varepsilon_r}{I(\lambda_g, T) \lambda_g^5 \varepsilon_r} \right] \quad (5)$$

Se o comprimento de onda central λ_r e λ_g estiverem dentro da faixa de comprimento de onda atendendo à propriedade cinza deduzida do método de análise espectral utilizando o equipamento espectrômetro, é razoável definir $\varepsilon_r / \varepsilon_g \approx 1$, e a temperatura da imagem da chama pode ser calculada a partir da equação (5). A imagem de emissividade da chama ε pode ser calculada a partir de dados monocromáticos de intensidade de imagem da seguinte maneira:

$$\varepsilon = I_r \pi \lambda_r^5 / (C_1 e^{-C_2 / \lambda_r T}) \quad (6)$$

Nota-se que o sistema espectrométrico detecta a intensidade da radiação na linha de visão. Um procedimento simples de calibração baseado em um forno de corpo negro para correlacionar o valor de saída e a intensidade de radiação monocromática se faz necessário para calibrar o sistema.

2.2 CÂMARA DE COMBUSTÃO TUBULAR

Os experimentos para coleta dos espectros de combustão da biomassa de coco verde foram realizados em câmara de combustão do tipo tubular apresentado na figura 1. O equipamento foi construído utilizando tubos de aço inox de 100 mm de diâmetro com chama produzida por bico Bunsen do tipo Meker e GLP. O tubo inferior tem comprimento de 120 mm e uma grelha na parte superior para retenção da biomassa. Furos longitudinais no tubo superior com diâmetro de 10 mm e distância entre centros de 15 mm permitiram a inserção da lente do espectrômetro para coleta dos dados espectrais.

Figura 1 - Câmara de Combustão Tubular



2.3 SISTEMA DE ESPECTROMETRIA

O sistema de espectrometria consiste em um espectrômetro, uma sonda medidora e um computador portátil. Um espectrômetro do tipo AvaSpec-USB2048 de fibra óptica com 2048 pixels foi utilizado para processar os dados de luz recebidos. A faixa de comprimento de onda de medição do espectrômetro foi de 200 nm a 1100 nm. A resolução espectral deste espectrômetro é de 0,4 – 0,6 nm. A sonda de medição consiste em uma lente colimadora e um cabo de fibra óptica. A lente colimadora COL-UV/vis é aparafusada na extremidade do conector de entrada de fibra óptica e converte o feixe divergente de radiação em um feixe paralelo. O espectrômetro está conectado a um computador portátil através de um cabo USB e interface AvaSoft-8 USB2. Nos experimentos relatados neste trabalho, o tempo de exposição (integração) foi de várias centenas de milissegundos, o

que significa que a medição de radiação se intensificou em diferentes comprimentos de onda simultaneamente pelo espectrômetro. A figura 2 ilustra um esquema do sistema de espectrometria utilizado para coletar intensidades espectrais a todo segundo de chamas geradas pela queima de biomassa de coco verde através da porta de visualização da câmara de combustão tubular.



2.4 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

As carcaças de coco verde utilizadas nos experimentos de combustão foram coletadas em um quiosque de comercialização de água de coco localizado na orla da praia do município de Santos, litoral de São Paulo. O material foi encaminhado para o laboratório de mecânica dos solos da Universidade Santa Cecília onde passou por algumas etapas de preparação anterior a realização do processo de queima.

Primeiramente os cocos foram abertos ao meio e logo após retirado sua polpa. Quatro cocos sem polpa foram pesados e utilizados como exemplo para após a realização do esmagamento em prensa hidráulica, etapa seguinte, quantificar em peso o total retirado de líquido do material. Após pesagem, os cocos foram então esmagados em prensa hidráulica com o intuito de reduzir parcialmente a umidade e facilitar o processo de trituração realizado de forma manual. A trituração é um pré-requisito para diversos processos de reaproveitamento de produtos, dentre eles se destaca a utilização da biomassa para fins energéticos. Neste trabalho, os cocos verdes foram encaminhados para o laboratório de combustão da Universidade Santa Cecília onde foram desfiados manualmente, pois dada a quantidade necessária de biomassa para a realização dos experimentos, não se fez necessário a utilização de um equipamento para a trituração dos cocos.

Para a secagem das carcaças de coco verde, foi optado pela utilização de um forno tipo túnel movido a GLP. O processo de secagem da biomassa foi introduzido para remover a massa de água contida promovendo a sua evaporação por transferência de calor, diminuindo o teor de umidade contido na biomassa. Ar foi utilizado para transferir o calor da fonte quente para a biomassa úmida. O calor foi transferido do ar para a biomassa por diferença de temperatura. O calor transferido para a biomassa é utilizado para vaporizar a água e a diferença de pressão parcial de vapor d'água existente entre o ar e a superfície da biomassa determina uma transferência de água para o ar. Para a realização da secagem do bagaço, primeiramente o forno foi aquecido a uma temperatura de aproximadamente 800 °C, para então depois desligar, abrir e inserir o material dentro do forno, logo após ele foi tampado e mantido desligado para secagem do bagaço, processo que perdurou de um dia para o outro. Através da figura 3, é possível observar o material na parte interna do forno após etapa de secagem:

Figura 3 - Secagem de biomassa de coco verde



3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos testes de laboratório, a biomassa de coco verde, previamente seca e desfiada, foi inserida pelo topo do forno tubular pré-aquecido até o ponto em que a grelha atingiu uma cor avermelhada. É válido considerar que a grelha do forno estava a uma temperatura de aproximadamente 800 K, pois em processos de tratamento térmico, considera-se que o metal está a essa temperatura quando ele emite radiação térmica no comprimento de onda correspondente a esta cor. Após a inserção da biomassa na câmara de combustão, a chama do bico de Meker era apagada para não influenciar nos resultados dos experimentos e não consumir o oxigênio do ar necessário para a combustão da biomassa. Passados alguns segundos, período em que a umidade restante do material era vaporizada, a biomassa entrava em combustão e os espectros de radiação térmica coletados pelo espectrômetro e os sinais tratados num computador utilizando o software Avantes 8.0.

3.1 DETERMINAÇÃO DA TEMPERATURA DA CHAMA

O procedimento experimental para a estimação da temperatura consiste na realização de três experimentos em condições similares para cada tipo de amostra de biomassa de coco verde que foram selecionadas e preparadas. Foram capturados os espectros de emissão das chamas durante a combustão para os casos de cada um dos tipos de biomassa de coco verde. Foram realizados cálculos de estimação da temperatura através do método “Duas Cores”, utilizando as potências emissivas para os pares de comprimento de onda com uma distância de $\Delta\lambda$ de 10, 15, 20, 25 e 30 nm entre os respectivos pares de comprimentos de onda. Os resultados das estimativas de temperatura foram plotados ao longo de toda a faixa espectral. Seguindo um procedimento praticado na bibliografia internacional nesta área de conhecimento, baseados da análise dos resultados, foi determinada as regiões espectrais com maior estabilidade do valor estimado da temperatura, o que está relacionada com faixas espectrais onde a suposição de emissividade aproximadamente igual para os pares de comprimentos de onda utilizados no método duas cores se cumprem. Neste trabalho se apresentam resultados da estimação de temperatura da chama durante a combustão de biomassa de coco verde utilizando a máxima diferença de $\Delta\lambda$ igual a 30 nm.

3.1.1 Experimento Realizado Com Epicarpo De Coco Verde Desfiado

A figura 4 ilustra o resultado da potência emissiva espectral capturado na irradiação da chama durante a combustão de epicarpo de coco verde desfiado para um instante e para um dos experimentos de combustão realizados com epicarpo de coco verde desfiado. Observa-se um pico principal de emissão/absorção no comprimento de onda de 766 nm que corresponde à linha de emissão de potássio. Se observa uma potência emissiva contínua ao longo de todo o espectro de emissão, que corresponde a emissão de corpo negro ou cinza das partículas dentro da chama.

Figura 4 - Potência irradiada em função do comprimento de onda (epicarpo de coco verde desfiado)



Para o cálculo da temperatura da chama utilizando o método de duas cores se utilizou o espectro de emissão conforme mostrado na figura 4. Em todos os cálculos se realizou a estimativa da temperatura utilizando os pares de potência emissiva e de comprimento de onda com uma distância de $\Delta\lambda$ de 10, 15, 20, 25 e 30 nm. Nas figuras 5 a 9 se ilustram os resultados obtidos para cada um desses casos. Em todos os casos se observa que existe uma zona espectral na faixa de 600 a 900 nm onde a medição é mais estável e fisicamente representativa para a emissão de chama durante os experimentos realizados neste trabalho. Se observa que o pico de emissão perturba a estimativa da temperatura, a jusante e montante. Esses picos de emissão deverão ser eliminados nos cálculos finais da estimativa da temperatura. Se observa que $\Delta\lambda$ influencia na estabilidade da solução e foi encontrado que um $\Delta\lambda$ igual a 30 nm é apropriado para as estimativas por capturar com mais frequência situações em que a suposição de emissividade é aproximadamente igual nos dois comprimentos de onda avaliados em cada cálculo para o método de duas cores.

Figura 5 - Temperatura em função do comprimento de onda - Epicarpo de coco verde desfiado - Distância entre $\Delta\lambda$: 10 nm

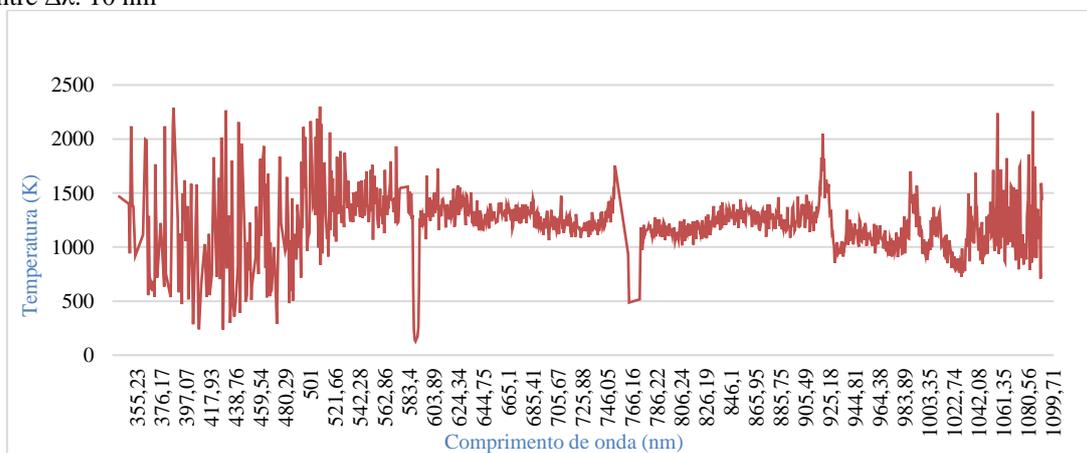


Figura 6 - Temperatura em função do comprimento de onda - Epicarpo de coco verde desfiado - Distância entre $\Delta\lambda$: 15 nm

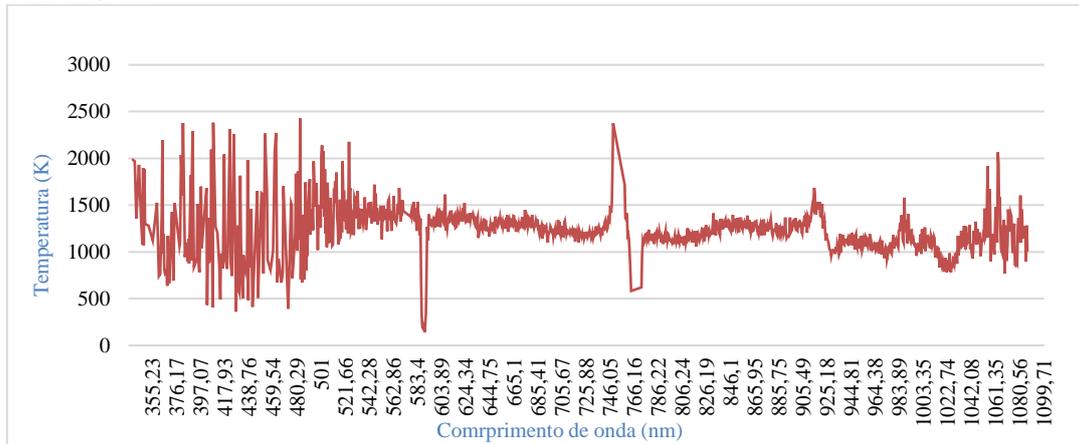


Figura 7 - Temperatura em função do comprimento de onda - Epicarpo de coco verde desfiado - Distância entre $\Delta\lambda$: 20 nm

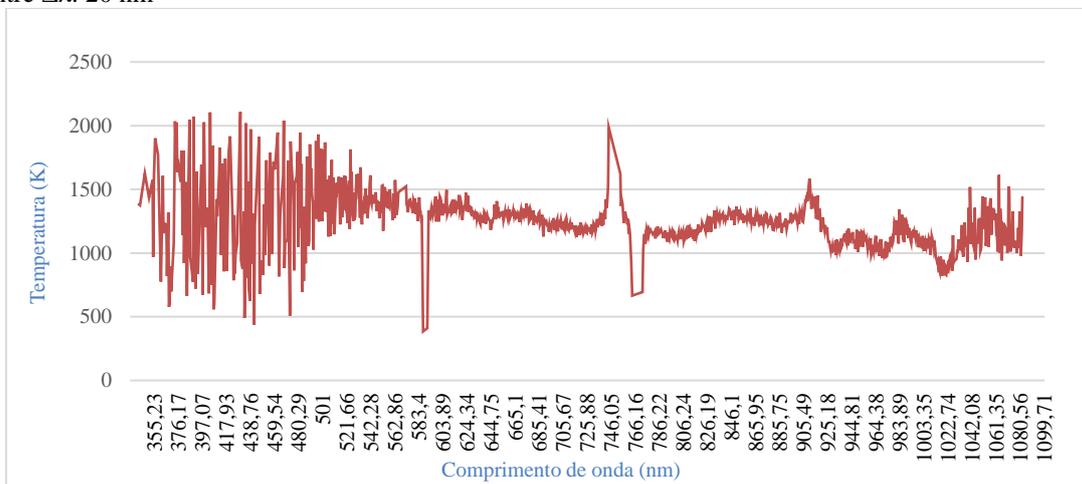


Figura 8 - Temperatura em função do comprimento de onda - Epicarpo de coco verde desfiado - Distância entre $\Delta\lambda$: 25 nm

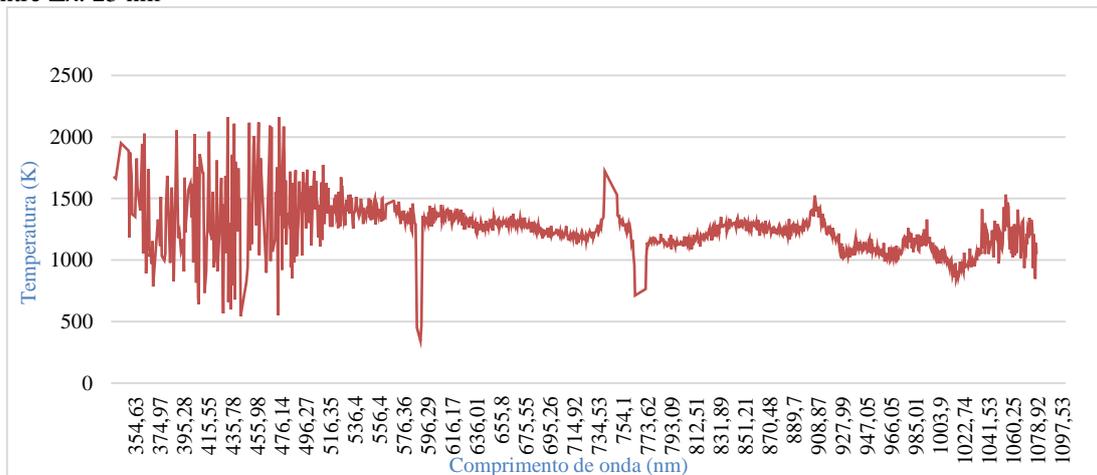
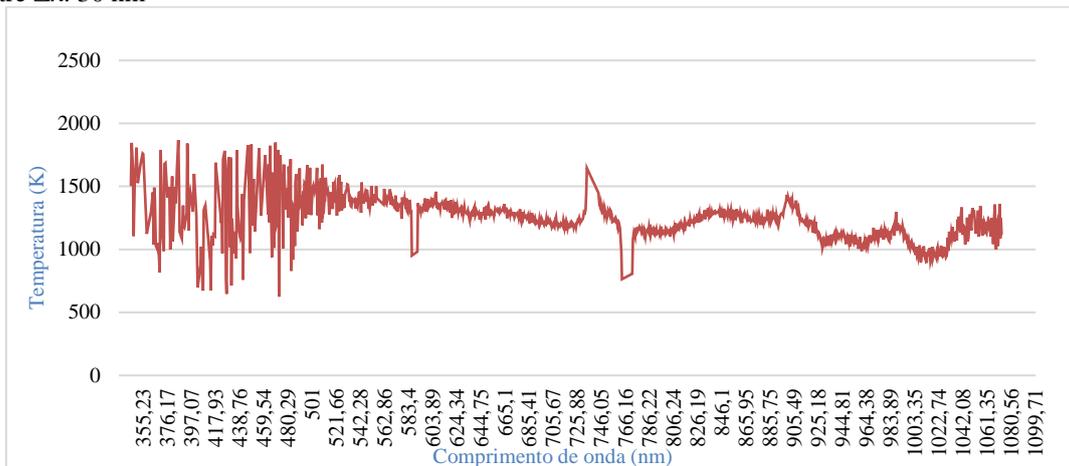


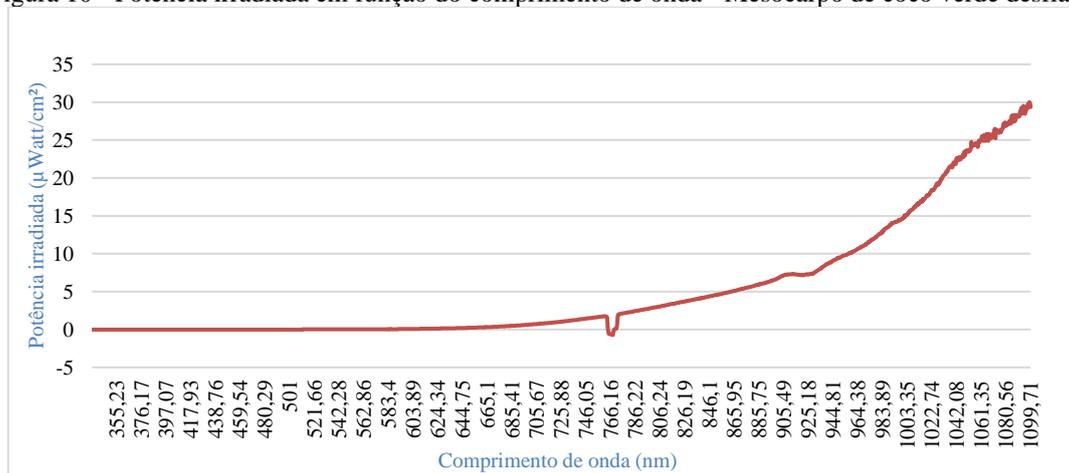
Figura 9 - Temperatura em função do comprimento de onda - Epicarpo de coco verde desfiado - Distância entre $\Delta\lambda$: 30 nm



3.1.2 Experimento Realizado Com Mesocarpo De Coco Verde Desfiado

Na figura 10 se ilustra um resultado típico da potência emissiva espectral de irradiação da chama durante a combustão do mesocarpo de coco verde desfiado para um instante e para alguns dos experimentos realizados na combustão de mesocarpo. De forma igual ao caso anterior, observa-se um pico principal de emissão/absorção no comprimento de onda de 766 nm que corresponde à linha de emissão de potássio. Os valores da potência emissiva para o mesocarpo nestes experimentos foram ligeiramente maiores que durante a combustão do epicarpo de coco verde.

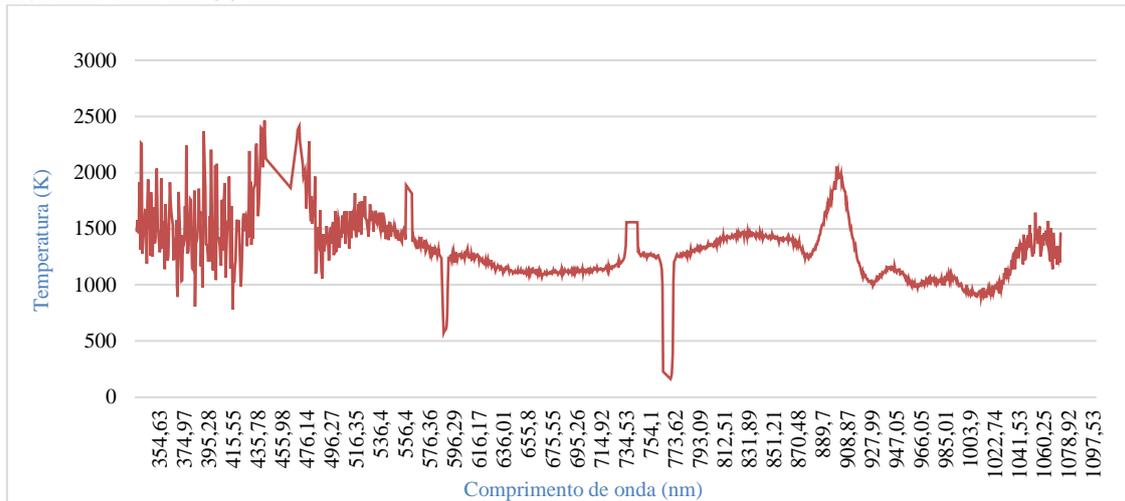
Figura 10 - Potência irradiada em função do comprimento de onda - Mesocarpo de coco verde desfiado



A figura 11 ilustra a estimativa da temperatura da chama durante a combustão do mesocarpo de coco verde ao longo de toda a faixa espectral de captura de emissão da chama. Neste caso isolado se mostra o caso do cálculo para $\Delta\lambda$: 30 nm. Os cálculos para os outros valores de $\Delta\lambda$ mencionados antes também foram realizados e mostram o mesmo

padrão de comportamento. Neste caso, para os experimentos neste trabalho, nota-se que a faixa mais estável da estimacão de temperatura da chama se encontra na faixa de luz visível entre 600 nm a 850 nm. A perturbao na estimacão da temperatura devido aos picos de emissão de potássio  evidente, e eles devem ser retirados dos cálculos previamente.

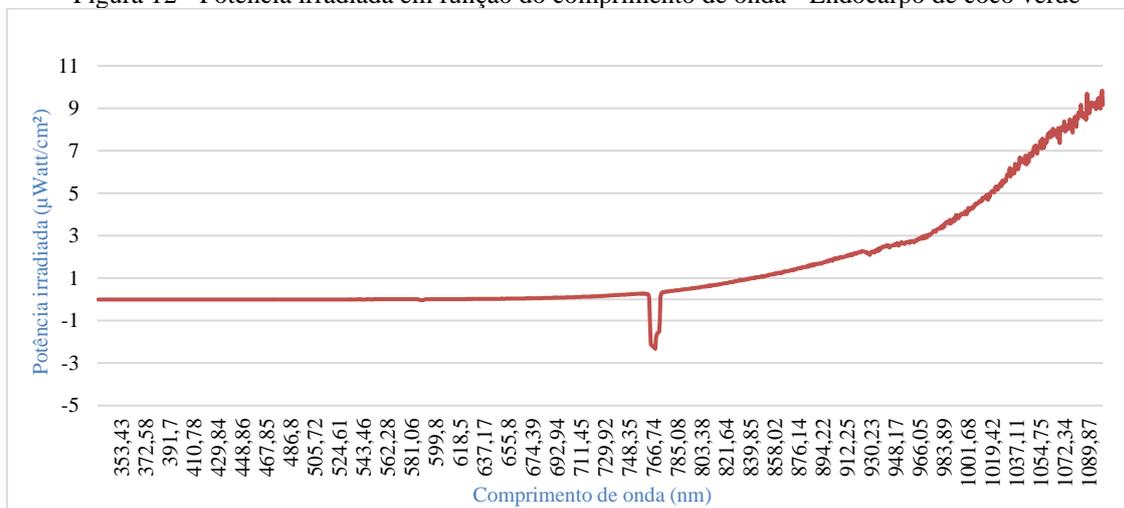
Figura 11 - Temperatura em funo do comprimento de onda - Mesocarpo de coco verde desfiado - Distância entre $\Delta\lambda$: 30 nm



3.1.3 Experimento Realizado Com Endocarpo De Coco Verde Em Troos

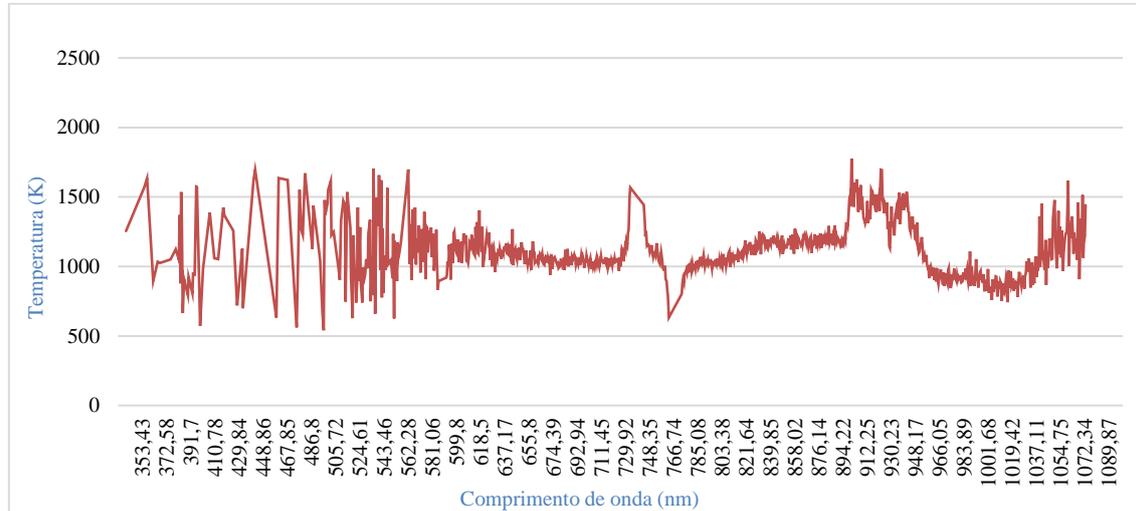
Na figura 12 se apresenta um gráfico tpico da potência emissiva espectral de irradiao da chama durante a combustão do endocarpo de coco verde para um instante e para um dos experimentos realizados com combustão de endocarpo. Da mesma forma que nos casos anteriores, observa-se um pico principal de emissão/absoro no comprimento de onda de 766 nm que corresponde ¢ linha de emissão de potássio.

Figura 12 - Potência irradiada em funo do comprimento de onda - Endocarpo de coco verde



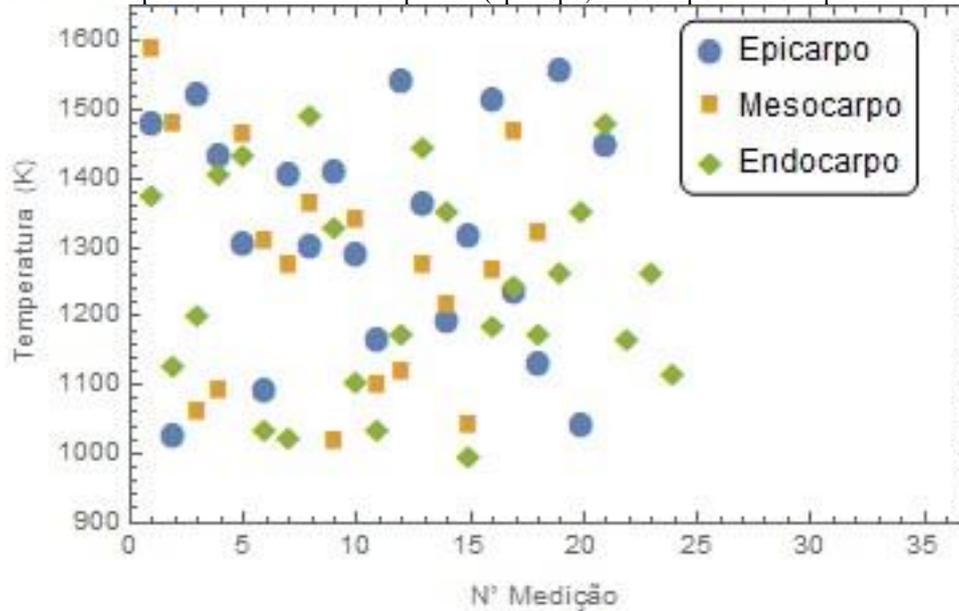
Na figura 13 se apresenta o resultado da estimação de temperatura correspondente ao espectro de emissão capturado conforme mostrado na figura 12.

Figura 13 - Temperatura em função do comprimento de onda - Endocarpo de coco verde - Distância entre $\Delta\lambda$: 30 nm



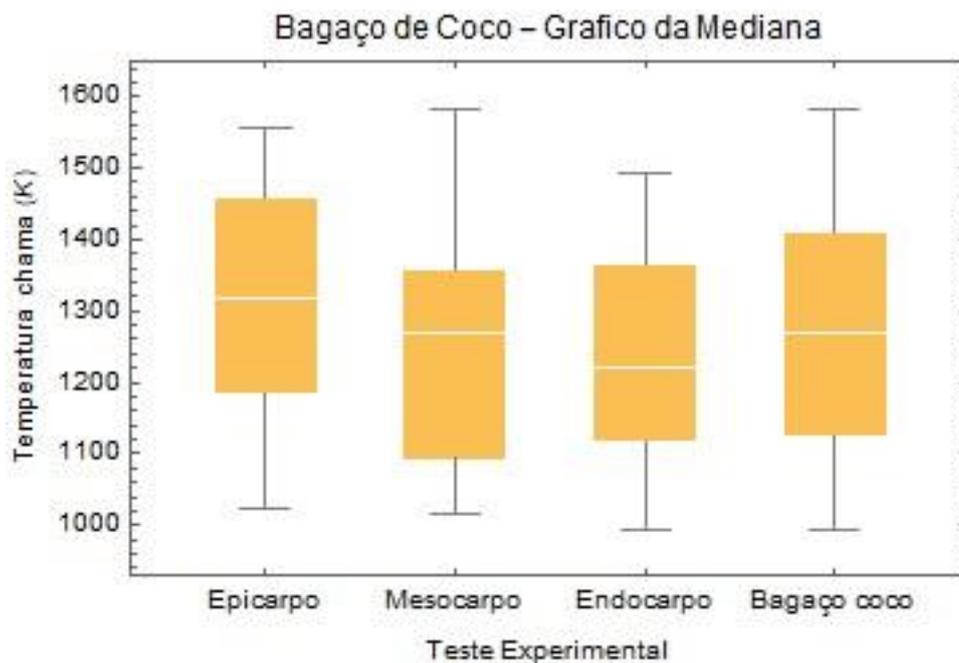
Na figura 14 se demonstra um gráfico com as temperaturas médias e seus respectivos desvios padrão realizado com os dados de processos de combustão para vários experimentos utilizando biomassa de coco verde nas composições Epicarpo, Mesocarpo e Endocarpo. A ignição do epicarpo tem um grau de facilidade maior que a do mesocarpo em função da sua menor concentração de umidade. O endocarpo de coco verde estava no formato de troços durante os processos de combustão. Os resultados dos experimentos realizados indicaram temperatura média e desvio padrão respectivamente de 1321,76 K e 138,5 K, para a biomassa de coco verde na composição epicarpo. Na combustão do mesocarpo a temperatura média indicada foi de 1261,67 K com um desvio padrão de 135,4 K. E para o endocarpo de coco verde temperatura média de 1238,88 K e 129,4 K de desvio padrão. De modo geral, os resultados de temperatura média e desvio padrão, respectivamente, do bagaço de coco verde incluindo as três composições (epicarpo, mesocarpo e endocarpo) foram de 1273,02 K e 138,5 K.

Figura 14 – Temperatura média e desvio padrão (epicarpo, mesocarpo e endocarpo de coco verde)



A figura 15 apresenta um gráfico da mediana para testes experimentais de combustão realizado com os dados de processos em vários experimentos utilizando biomassa de coco verde nas composições Epicarpo, Mesocarpo e Endocarpo. Os valores das medianas para as temperaturas de chama foram de 1316, 1270,5, 1222 e 1271 K, respectivamente para o epicarpo, mesocarpo, endocarpo e bagaço de coco completo incluindo as três composições.

Figura 15 – Gráfico da mediana para vários experimentos de epicarpo, mesocarpo e endocarpo de coco verde



4 CONCLUSÕES

Através dos resultados obtidos nos experimentos de combustão da biomassa de coco verde urbano para análise da temperatura de chama, é possível dizer que uma alternativa de reutilização desse material pode ser através da combustão de sua biomassa sólida para um possível processo de geração de energia. No entanto, devido ao alto conteúdo de umidade da biomassa de coco verde, por volta de 80%, foi encontrado que etapas prévias de secagem mecânica e térmica são necessárias para viabilizar o processo de combustão.

Utilizando métodos de espectrometria na faixa da região de luz visível e o método Duas Cores, foram realizados cálculos de temperatura da combustão e através da análise das figuras de número 5 a 9, é possível notar que nos testes utilizando epicarpo de coco verde, na região da zona espectral na faixa de 600 a 900 nm em que a medição foi mais estável e fisicamente representativa, os valores de temperatura ficaram na média de 1200 a 1400 K. Já para o mesocarpo, utilizando o mesmo sistema de interpretação, observa-se que apesar de ser a composição do coco verde com maior umidade, ampliou-se a variação de temperatura, obtendo valores tanto menores quanto maiores na faixa de 1000 a 1500 K. E para o endocarpo queimado em formato de troços, as temperaturas alcançaram valores menores em comparação aos outros casos, variando entre 1000 a 1300 K.

Por meio de um método estatístico utilizando dados de testes que incluíram dezenas de experimentos, estima-se que a temperatura média e desvio padrão, respectivamente, para o bagaço de coco verde incluindo as três composições (epicarpo, mesocarpo e endocarpo) foram de 1273,02 K e 138,5 K. E que os valores das medianas para as temperaturas de chama foram de 1316, 1270,5, 1222 e 1271 K, respectivamente para as três composições do coco verde e o bagaço completo. O que revelou uma alta proximidade com os dados fornecidos nos espectros de emissão momentâneos ilustrados entre as figuras de número 5 e 13.

Considera-se que a via da conversão energética dos resíduos de coco verde é factível e que novos estudos devem considerar as rotas de queima direta ou o desenvolvimento de novos produtos como a fabricação de briquetes de coco verde para otimizar o processo de combustão.

REFERÊNCIAS

- [1] MARAFON, A. C.; NUNES, M. U. C.; AMARAL, A. F. C.; SANTOS, J.P. Aproveitamento de Cascas de Coco para Geração de Energia Térmica: Potencialidades e Desafios. Embrapa. Aracajú – SE, 2019.
- [2] SENHORAS, Elói. Estratégia de uma Agenda para a Cadeia Agroindustrial do Coco. Campinas: Ed. ESC, 2003.
- [3] ROCHA, A. M. Apropriação do Conhecimento Científico da Cadeia Produtiva do Biodiesel: Ênfase no PNPB, Congressos, Artigos e Patentes. Tese (Doutorado em Energia e Ambiente) - Universidade Federal da Bahia, Salvador, Bahia, 2013.
- [4] ROCHA, A. M.; SILVA, M. S.; FERNANDES, F. M.; SOARES, P. M.; KONISH, F. Aproveitamento de Fibra de Coco para fins Energéticos: Revisão e Perspectivas. Universidade Federal da Bahia, Salvador, Bahia, 2015.
- [5] CORTEZ, L. A.B; LORA, E. E. S.; GOMEZ, E. O. (org). Biomassa para energia. Campinas, São Paulo. Editora da UNICAMP, 2008.
- [6] MACHADO, L. J.; SARTORI, R. A.; MARQUES, D. D.; NASCIMENTO, A. E. S.; FURTADO, J. M. Utilização da biomassa do coco verde (cocos nucifera L.) Para obtenção de subprodutos. Braz. J. of Develop., Curitiba, v. 6, n. 1, p.3808-3826 jan. 2020.
- [7] SILVEIRA, M. S. Aproveitamento das cascas de coco verde para produção de briquete em Salvador – BA. Salvador, Bahia, 2008. Dissertação (Mestrado - Universidade Federal da Bahia, 2008.
- [8] CORTEZ, L.A.B; PEREZ, J. M. M.; ROCHA, J. Processamento de Casca e Fibra de Coco Verde por Carbonização para Agregação de Valor. BioEng, Campinas, v.3 n.1, p.021- 030, Jan/Abr., 2009.
- [9] Z.W. Jiang, Z.X. Luo, H.C. Zhou, A simple measurement method of temperature and emissivity of coal-fired flames from visible radiation image and its application in a CFB boiler furnace, Fuel 88 (2009) 980–987.
- [10] Y.P. Sun, C. Lou, H.C. Zhou, A simple judgment method of gas property of flames based on spectral analysis and the two-color method for measurements of temperatures and emissivity, Proc. Combust. Inst. 33 (2011) 735–741.