

6

Conclusões e perspectivas

Neste trabalho foram apresentados os principais resultados encontrados na caracterização dos hidrocarbonetos aromáticos policíclicos e formação de fuligem em chamas laminares.

6.1

Conclusões e contribuições

A principal contribuição deste trabalho foi estudar a distribuição de fuligem e de hidrocarbonetos aromáticos policíclicos em chamas laminares não pré-misturadas de etileno e ar. As medições realizadas neste estudo empregaram técnicas de diagnóstico laser, PLIF e LII, para caracterizar os campos de fluorescência de PAH e de fração volumétrica da fuligem. As distribuições de PAH foram evidenciadas pela detecção em várias bandas espectrais. A técnica de termometria de duas cores foi utilizada para medir os campos de temperatura da fuligem. Trata-se da primeira aplicação das técnicas de LII, PLIF-PAH e termometria duas cores no laboratório de combustão e turbulência do Departamento de Engenharia Mecânica da PUC-Rio. A seguir são dadas as principais conclusões deste estudo.

A detecção da zona de reação foi realizada pela emissão espontânea deconvolvida do radical CH^* e a superposição da fuligem. Entretanto não foi possível individualizar a primeira destas devido à intensa emissão da fuligem, que se superpõe à do CH^* . Por outro lado, as imagens do filtro correspondente à banda de emissão do radical OH^* mostram uma intensa região na base da chama, onde não existe presença de fuligem, o que permite afirmar que esta corresponde apenas à quimiluminescência do OH^* , sendo este radical responsável pela oxidação da fuligem nesta região.

A técnica de termometria de duas cores permitiu determinar os campos de temperatura da fuligem na chama, com distribuições similares para todas as vazões de etileno estudadas aqui, e com uma incerteza máxima de 12 %. Os maiores valores de temperatura são encontrados na mesma região onde o máximo da fração

volumétrica de fuligem é obtido. Se observou um decréscimo da temperatura com o incremento da vazão de etileno na região rica da chama. A região oxidante não foi objeto de medição por termometria de duas cores, pois a fuligem se encontra ausente. No entanto, comparações com resultados numéricos [139] mostram que o comportamento se inverte nesta região, e a temperatura se incrementa com a vazão de etileno. Portanto, este comportamento pode ser explicado pelo incremento do transporte de energia radiante da região fuliginosa da chama para sua região oxidante externa.

A irradiação laser UV permite excitar simultaneamente a fluorescência dos PAH e a incandescência da fuligem. Baseados no curto tempo de vida da fluorescência, foi feita a comparação dos campos medidos mediante detecção simultânea (LIF + LII) e atrasada (LII) com o pulso laser. Um atraso de 50 ns no início da detecção permite que o sinal de fluorescência desapareça das imagens imediatas (*prompt*) e apenas fuligem seja observada. Foi distinguida uma região na base da chama onde apenas fluorescência é observada. Esta região fica envolvida pela região de incandescência da fuligem, e separada por uma região obscura muito fina, como observado em [16], e que corresponde ao local onde se formam as primeiras partículas de fuligem.

Na região mais fria da chama, perto da entrada de combustível, onde existe emissão induzida de fluorescência, a distribuição de intensidades medidas é diferente para cada banda de detecção espectral empregada. Uma distribuição com forma de V invertida, Λ , é observada, que se desloca verticalmente conforme se incrementa a banda de observação. Este tipo de distribuição espectral é consistente com aquela associada ao crescimento de PAH de montante para jusante. Os hidrocarbonetos aromáticos policíclicos incrementam seu tamanho ou complexidade conforme se aproximam da região de formação de fuligem, pois estes representam os precursores da formação de fuligem.

De forma tentativa, foram aplicadas duas abordagens para individualizar o sinal de fluorescência onde este coexiste com a fuligem. Os resultados são de difícil interpretação na região intermediária da chama, pois a dispersão no tamanho das partículas de fuligem ao longo da coordenada radial [24], ocasiona diferentes taxas de decaimento do sinal de incandescência. Contudo, os PAH parecem coexistir até a região de máxima taxa de produção de fuligem, a meia altura da chama. Mais a jusante apenas fuligem foi detectada.

6.2

Sugestões para trabalhos futuros

Em trabalho futuros pretende-se melhorar e aprofundar a compreensão dos resultados obtidos. As principais linhas de desenvolvimento são:

- (i) A emissão espontânea da fuligem, intensa e espacialmente superposta à quimiluminescência do radical CH^* , impossibilitou a detecção da zona de reação. Por isso, se recomenda utilizar uma técnica [55], na qual a emissão da chama é observada em várias bandas espectrais em torno daquela de quimiluminescência de CH^* ; o que permitiria filtrar a emissão da fuligem.
- (ii) Aplicar a técnica de LII utilizando excitação laser em 532 nm ou 1064 nm , com o fim de diminuir ou evitar a influência da fluorescência dos PAH e, desta forma, determinar a região onde apenas a fuligem é formada.
- (iii) Melhorar a estabilidade do sistema de alimentação de ar e diminuir o “flickering” da chama para maiores vazões de combustível, por exemplo, para a chama do caso G, que se encontra perto do ponto de escape da fuligem. Para esta chama, estudos são reportados na literatura da fração volumétrica de fuligem, diâmetro de partículas, temperatura, etc. Isto possibilitaria uma mais ampla comparação de resultados de novas metodologias com aqueles obtidos pela comunidade científica.
- (iv) Realizar medições para o regime de queima acima do ponto de escape da fuligem, com o fim de melhor entender a competição entre o crescimento e a oxidação da fuligem.
- (v) Implementar correções do sinal de incandescência, S_{LII} , por exemplo devido à auto atenuação do sinal pelas partículas de fuligem, o que ocorre fora do plano de medição. Esta correção reduziria a incerteza de medição da fração volumétrica de fuligem na região central da chama.
- (vi) Comparar os resultados medidos com aqueles originados de modelos detalhados de dinâmica dos fluidos computacional e cinética química detalhadas, visando calibrar e melhorar estes modelos.
- (vii) Aplicar as técnicas de medição desenvolvidas ao estudo das chamas turbulentas, de modo a descobrir como se distribuem PAH e fuligem nestas.