6 Conclusões e perspectivas

Neste trabalho foram apresentados resultados da caracterização de chamas turbulentas de gás natural e de ar em uma situação na qual os reagentes encontram-se inicialmente não pré-misturados. As chamas estudadas encontram-se estabilizadas a jusante de um queimador existente tipo corpo rombudo. Para permitir a realização deste estudo, modificações importantes foram realizadas na instalação do queimador. Em particular, o queimador foi instalado no novo Laboratório de Combustão e Turbulência do Departamento de Mecânica da PUC-Rio, que permite trabalhar com maior segurança. Outra modificação realizada foi a introdução de um novo corpo rombudo, feito de aço. Porém, este ainda apresenta um problema de aquecimento. Assim, é recomendável recobrir a face do corpo com cerâmica refratária para assim aumentar a resistência termo-mecânica e reduzir a perda de calor da chama.

A nova câmara de tranquilização permitiu alcançar uma maior uniformidade do escoamento de ar. Porém, recomenda-se melhorar ainda mais a uniformidade do escoamento da saída do ar anular, mediante modificações na caixa tranquilizadora tais como a introdução de grades e obstáculos.

Foram estudados 3 tipos de chamas segundo a classificação proposta por Huang e Lin [8] e Gu et al. [13]. Esta classificação a priori dos ensaios realizados permite verificar a necessidade de se adaptar, em trabalhos futuros, o aparato experimental de modo a obter resultados representativos de todos os regimes de combustão. Para este fim deve-se aumentar a velocidade do jato de combustível.

O estudo de modelagem apresentado demonstrou que os melhores resultados forem obtidos com o modelo κ - ϵ com a especificação das condições de contorno seguindo dos parâmetros turbulentos de Correa e Gulati [7]. Discrepâncias obtidas na previsão da evolução radial da componente longitudinal da velocidade podem ser atribuídas à natureza anisotrópica das tensões turbulentas, a qual não pode ser restituída pelos modelos de turbulência empregados e necessitaria a utilização de modelos de segunda ordem.

Para o tipo de malha empregado neste trabalho a condição de entrada mais adequada de ser utilizada no domínio de cálculo é uma lei de potência. Esta escolha não permite uma descrição adequada do decaimento inicial do jato de combustível observado experimentalmente, entretanto, acredita-se que, dentre as condições de contorno testadas, esta é a que melhor descreve os resultados experimentais para o caso quimicamente inerte. Uma correta descrição da interação entre o jato de combustível e a região de recirculação é possível apenas se forem incluídos na modelagem os canais de entrada do combustível e do ar anular.

O sistema laser não intrusivo para diagnóstico da combustão PLIF é atualmente pouco difundido no Brasil. O presente trabalho é um dos primeiros que utiliza PLIF no Brasil, para o estudo de concentrações de espécies minoritárias, como o radical OH, produto da combustão turbulenta não pré-misturada. As imagens obtidas do radical OH com o sistema da câmara intensificadora ICCD, permitem, em particular a visualização da frente de chama instantânea representada pela concentração do radical hidroxila. Esta primeira utilização de PLIF no queimador tipo obstáculo do DEM/PUC-Rio deve ser seguida de uma exploração mais exaustiva dos diferentes regimes de combustão e da caracterização de outros radicais, tais como o NO e o CH.

As imagens médias obtidas da intensidade de fluorescência do radical OH obtidos para as chamas tipo V mostram que o aumento com a vazão do gás natural do comprimento da chama visível é acompanhado de um progressivo alongamento da região central onde OH é encontrado. Assim, as chamas tornam-se progressivamente mais dominadas pelo jato central a medida que sua velocidade aumenta. Os resultados também permitem verificar que a curvatura de frente de chama instantânea está relacionada ao aumento da espessura da região onde OH é encontrado. Este aumento de espessura da frente de chama instantânea poderia estar ligado a uma compressão local do escoamento, porém a verificação deste fenômeno de compressão requer a medição simultânea da velocidade e da concentração de OH.

As chamas tipo V os resultados obtidos indicam que para uma chama média possui um elevado grau de simetria entorno do eixo $X=0$, o que permite realizar a modelagem destas utilizando a hipótese de simetria axial.

As imagens instantâneas das chamas turbulentas obtidas nos casos 5, 6, 7, 9, 10 e 11 indicam que a simulação numérica da chama turbulenta correspondente é uma missão difícil devido à grande variação da estrutura interna das frentes de chama e à presença de descontinuidades com

conseqüente interpenetração dos reagentes na ausência de combustão. A utilização de modelos de tipo elementos de chama estacionárias para a descrição da combustão não seria adequado para simular estas estruturas instantâneas.

Uma análise mais aprofundada da estrutura da chama requer que as imagens instantâneas sejam tratadas de forma a obter quantidades significativas para o desenvolvimento de novos modelos, tais como a espessura, a densidade de superfície de chama, ou funções densidade de probabilidade.

Para que uma caracterização detalhada da estrutura da chama turbulenta seja realizada, também é necessário realizar a medição da velocidade do escoamento.

A correlação da distribuição da velocidade com a posição da frente de chama permitirá o desenvolvimento de novos modelos preditivos, com os quais seria possível caracterizar a chama nos seus diferentes regimes de combustão, tais como os encontrados neste estudo. Com o objetivo de empregar uma técnica laser de medição de velocidade de escoamento, como PIV, é necessário modificar o aparato experimental de forma a realizar entradas das partículas sólidas traçadoras do escoamento.