

7. Conclusões e Considerações Finais

Após o processamento de todos os dados, levando-se em conta as hipóteses estabelecidas, foi estimado que os navios relacionados à atividade de exploração e produção de petróleo na Bacia de Campos emitiram, ao longo do ano de 2009, para a atmosfera uma quantidade aproximada de 101.076 toneladas de NO_x, 18.697 toneladas de SO₂, 5.095.486 toneladas de CO₂, 5.718 toneladas de HC e 4.719 toneladas de Particulado.

Verifica-se que a quantidade de CO₂ emitida é extremamente superior à dos demais poluentes, representando mais de 97,51% do total de emissões, seguido pelo NO_x com 1,93%, SO₂ com 0,36%, HC com 0,11% e Particulado com 0,09% do total. Isto comprova a impossibilidade de se comparar o CO₂, único GHG analisado, com demais os poluentes envolvidos.

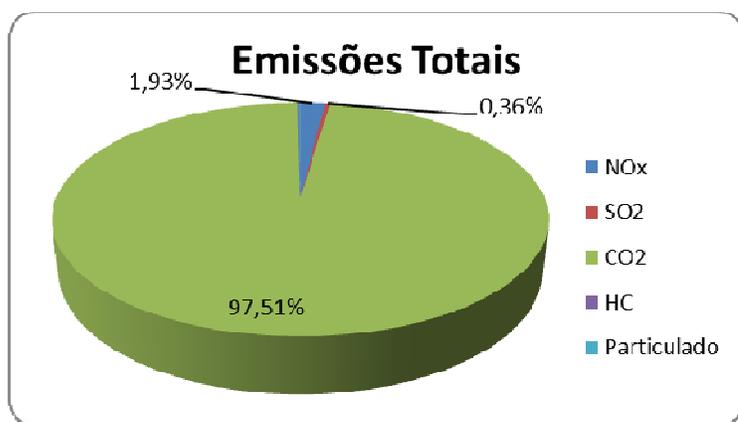


Figura 16 - Porcentagem de cada poluente dentre o total de emissões.

Essa quantidade de CO₂ emitida pode ser considerada significativa, uma vez que, por exemplo, é equivalente a 39,4% das emissões de CO₂ de toda a indústria de transporte marítimo da Espanha no ano de 2005 (SCHROOTEN et al., 2007), considerando-se, ainda mais, que as emissões computadas nesse trabalho se restringem às embarcações

relacionadas a atividade de exploração e produção de petróleo na Bacia de Campos.

De acordo com o relatório da “*Second IMO GHG Study 2009*” (IMO, 2009), comparando-se os resultados obtidos com as emissões globais provenientes de navios, a quantidade emitida de CO₂ corresponde a 0,48% da emissão global em 2007, enquanto que as emissões de NO_x, SO₂ e PM correspondem respectivamente a 0,40%, 0,12%¹⁹ e 0,26%. Essas proporções, apesar de serem aparentemente pequenas, são de fato expressivas, visto que, além de se restringirem às embarcações atuantes na atividade de exploração e produção de petróleo, nossos dados se limitam apenas à Bacia de Campos.

Confrontando nossos dados com o total de emissões dos mesmos poluentes provenientes de navios na Comunidade Européia no ano de 2000, de acordo com o relatório “*Quantification of emissions from ships associated with ship movements between ports in the European Community*” (ENTEC UK, 2002), observamos que as emissões de CO₂, NO_x, SO₂, HC e PM correspondem, respectivamente, a 3,24%, 2,79%, 0,73%, 4,27% e 22,47%.

No âmbito nacional, os resultados obtidos representam uma fração de 3,74% de todo CO₂ emitido pelo setor de transportes em 2005 e de 2,23% do total de CO₂ emitido pela queima de combustíveis fósseis líquidos em todo o país, no mesmo ano, conforme dados apresentados em relatórios oficiais do governo (BRASIL, 2009; BRASIL, 2010b).

Comparando-se regionalmente, os dados de emissões encontrados na presente pesquisa correspondem a 12,27% da quantidade de CO₂ emitido pelo setor de energia no Estado do Rio de Janeiro e a 70,81% do total de CO₂ emitido devido à queima de óleo combustível e óleo diesel no setor de energia do Estado do Rio de Janeiro, tendo como base o ano de 2005, de acordo com dados oficiais do Governo do Estadual do Rio de Janeiro (RIO DE JANEIRO, 2007).

¹⁹ Porcentagem baseada na comparação entre a quantidade emitida de SO₂ calculada nesse trabalho e a quantidade de SO_x calculada pelo relatório da IMO.

Como se pode perceber, confrontando a Figura 17 e a Figura 18, há uma forte e evidente relação entre o tipo de combustível utilizado e a quantidade emitida de SO_2 . Isso se deve ao fato do Diesel Residual Pesado (RO) ter uma quantidade bastante superior de enxofre se comparado ao Diesel Destilado Leve (MGO). Esse fato fica também evidente observando a Tabela 3, onde o fator de emissão de SO_2 dos Shuttle Tankers, que queimam RO nos motores principais, é bastante superior ao dos Supply Boats, cujo combustível de propulsão é MGO.

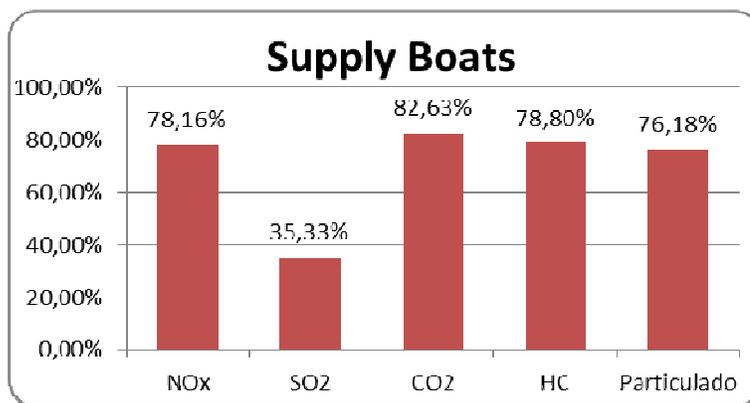


Figura 17 – Participação dos Supply Boats nas emissões de cada poluente.

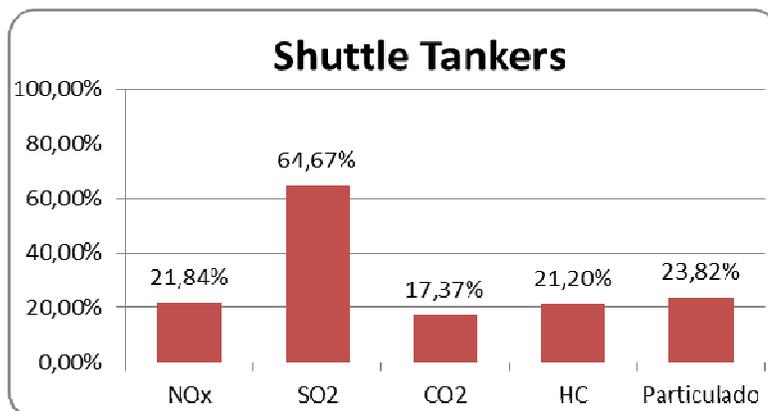


Figura 18 - Participação dos Shuttle Tankers nas emissões de cada poluente.

Desse modo, podemos concluir que uma legislação mais restrita em relação ao teor de enxofre nos combustíveis, principalmente no que se refere ao RO, poderia impactar em uma significativa redução da quantidade emitida desse poluente, até mesmo por ser esse o principal

combustível de todas as embarcações de grande porte que circulam no Brasil e no mundo.

Como podemos deduzir da Figura 19 à Figura 23, os principais emissores de NO_x, CO₂, HC e Particulado são os Supply Boats, responsáveis respectivamente, por 78,26%, 82,63%, 78,80% e 76,18% das emissões. Podemos atribuir essa característica aos Supply Boats devido à sua maior quantidade em comparação à quantidade de navios aliviadores. A maior participação dos navios de apoio offshore da categoria 2 se deve à maior potência média de seus motores auxiliares e principais.

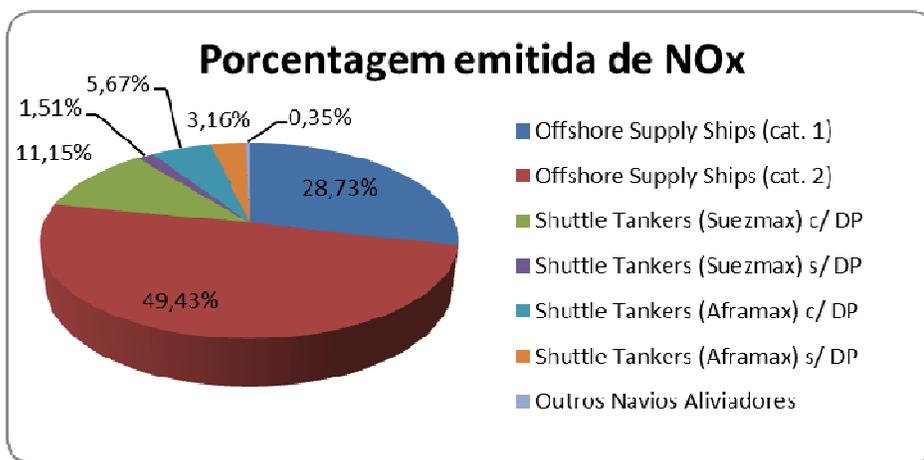


Figura 19 - Porcentagem de NO_x emitido por cada tipo de embarcação

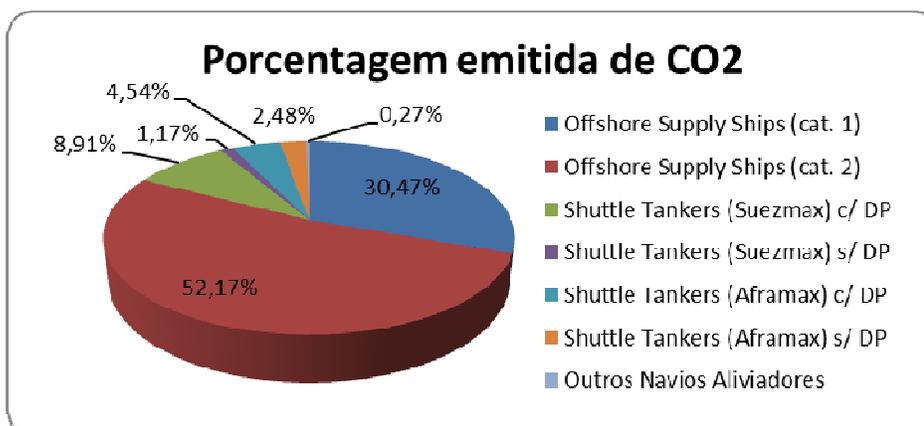


Figura 20 - Porcentagem de CO₂ emitido por cada tipo de embarcação.

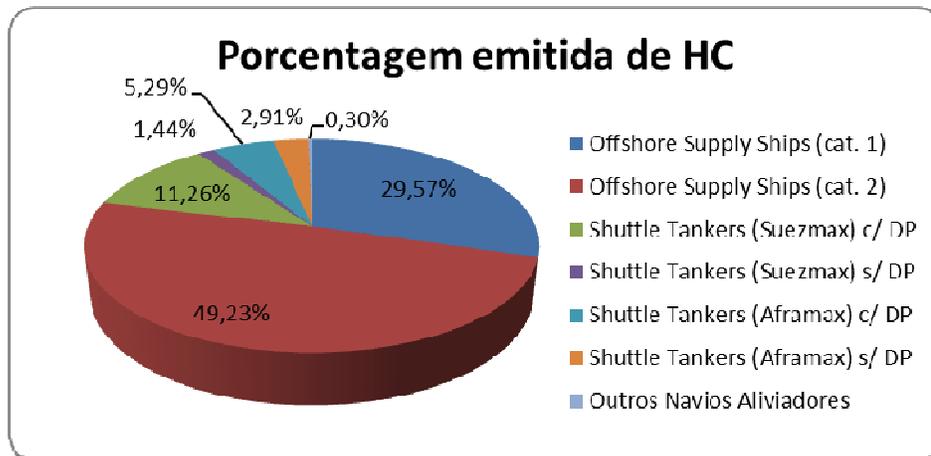


Figura 21 - Porcentagem de HC emitido por cada tipo de embarcação.

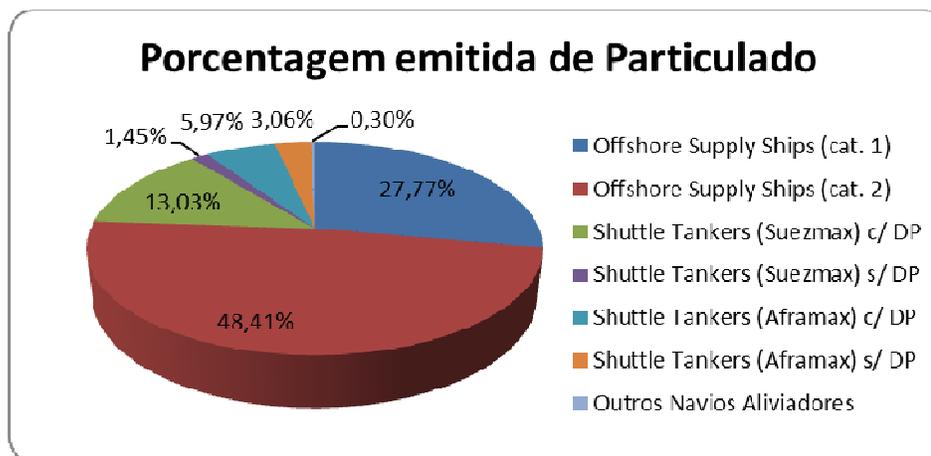


Figura 22 - Porcentagem de Particulado emitido por cada tipo de embarcação.

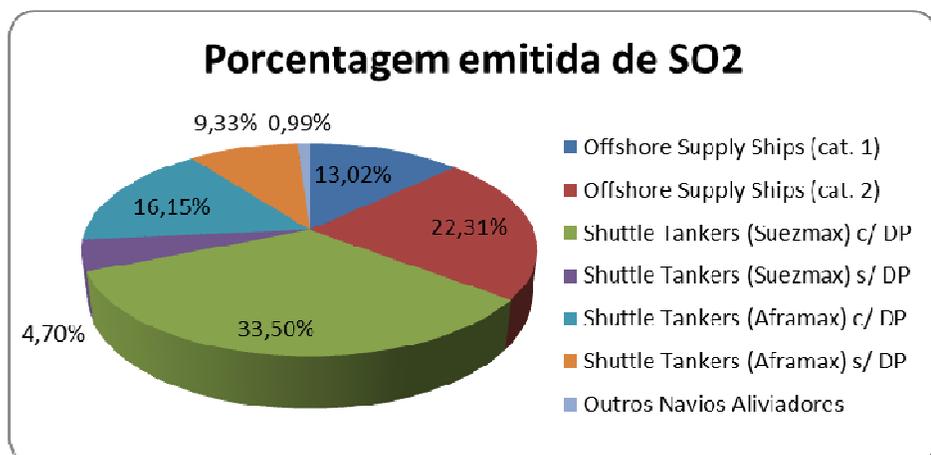


Figura 23 - Porcentagem de SO₂ emitido por cada tipo de embarcação.

Já com respeito à emissão de SO_2 , as principais fontes emissoras foram os Shuttle Tankers Suezmax com sistema de posicionamento dinâmico, como se pode observar pela **Figura 23**. Os Shuttle Tankers, como um todo, foram responsáveis por cerca de 64,67% dessas emissões, o que decorre novamente do fato de utilizarem RO como combustível principal.

Esses dados nos indicam que a concentração de esforços na redução de emissões dos navios de apoio offshore, como, por exemplo, através de investimentos em motores (MSD) mais eficientes e mais “limpos” e uma regulamentação mais rígida do Estado pátrio ou de Organismos Internacionais sobre os combustíveis (MGO), resultarão em significativa diminuição nas emissões de NO_x , CO_2 , HC e Particulado. De forma análoga, para se obter uma maior redução nas emissões de SO_2 , é mais vantajoso, em termos de custo-benefício, investir na melhoria da eficiência dos motores dos navios aliviadores (SSD) e na pureza do teor de enxofre do combustível utilizado por esses navios (RO).

Comparando, também, as emissões entre os motores principais e auxiliares, observa-se que, incondicionalmente, os MCP apresentam uma emissão consideravelmente maior de todos os poluentes do que os MCA, como observado na Tabela 6. Assim sendo, todo tipo de avanço em motores mais “limpos” e eficientes são importantes e necessários, mas a concentração de investimentos, principalmente na evolução dos MCP, apresentará uma maior eficácia na redução das emissões de poluentes.

Podemos verificar, também, conforme a Figura 24, que há uma boa distribuição entre as porcentagens emitidas de cada poluente pelos motores principais, sobressaindo-se levemente as emissões de SO_2 e HC. Analogamente, por serem gráficos complementares, a Figura 25 mostra que, para os motores auxiliares, prevalecem ligeiramente uma maior proporção das porcentagens de emissões de Particulado, NO_x , CO_2 e particulado perante os demais poluentes. A diferenciação entre as emissões de SO_2 dos MCA e MCP deve-se, primordialmente, à participação do Diesel Residual Pesado dos Shuttle Tankers, com maior

teor de enxofre, como parte dos combustíveis utilizados nos motores de propulsão dos navios aliviadores.

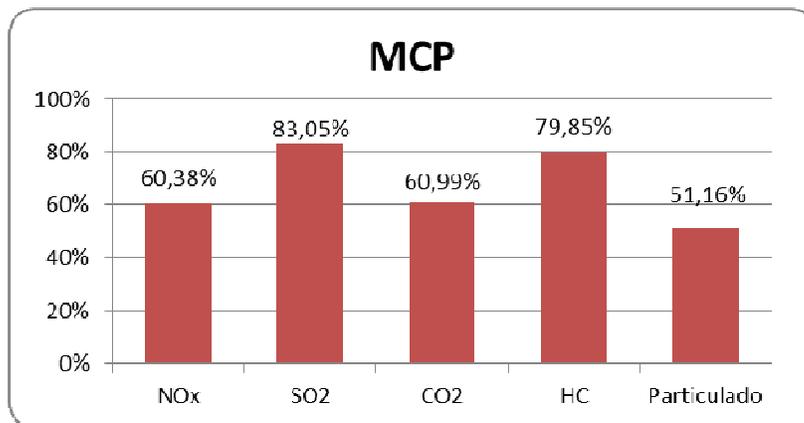


Figura 24 – Participação dos MCP nas emissões de cada poluente.

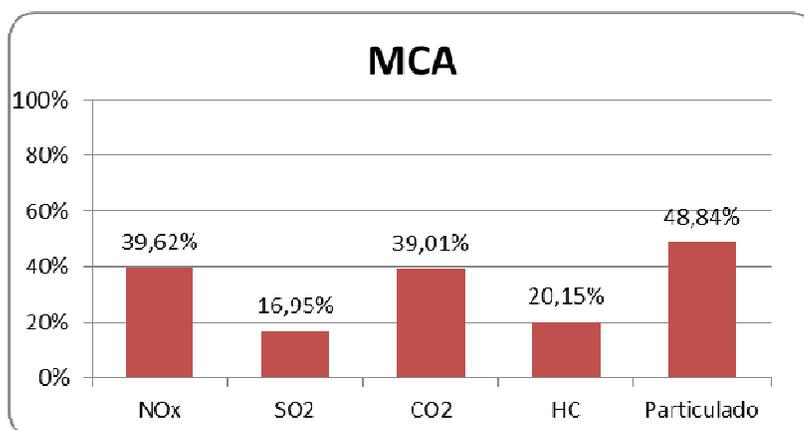


Figura 25 – Participação dos MCA nas emissões de cada poluente.

Nota-se o evidente impacto causado pela presença de “impurezas” nos combustíveis, como o enxofre, o que nos leva a concluir que uma legislação mais rígida e um processamento mais eficiente nos combustíveis usados por embarcações poderiam evitar o despejo na atmosfera de grandes quantidades de poluentes como, por exemplo, o SO₂.

De fato, a partir de julho de 2010, entrará em vigor, também no Brasil, o Anexo VI da MARPOL (Convenção Internacional para Prevenção da Poluição por Navios), assinado para a regulamentação de

combustíveis e motores para a prevenção da poluição do ar causada por navios (IMO, 2010). Porém, apesar dos fatores de emissão utilizados nessa pesquisa serem de 2002, esses FE, ainda assim, podem ser considerados adequados e atualizados, visto que estão dentro dos limites estabelecidos pelo referido Anexo. Infelizmente os limites de emissão impostos pela MARPOL, pelo menos dentre os poluentes abrangidos nessa pesquisa, ainda são brandos e, de uma forma geral, estão acima ou bem próximos das médias mundiais (ICCT, 2007), o que pode ser comprovado comparando-se o teor de enxofre dos combustíveis e fatores de emissão utilizados nesse trabalho com os limites impostos pelo Anexo VI da MARPOL. Esses limites poderiam e deveriam ser mais ambiciosos, com o intuito de encorajar uma mais acelerada redução nas emissões. Como exposto no item 3 do presente trabalho, seria possível estabelecer limites mais baixos para o teor de enxofre nos combustíveis navais, dado que o teor de enxofre em óleos combustíveis utilizados em veículos terrestres na Europa e nos EUA, por exemplo, é bastante inferior.

Existem diversas alternativas que demandariam algum investimento financeiro, mas poderiam ser estudadas e aplicadas a fim de diminuir as emissões de diversos poluentes. Sistemas de limpeza de gases de exaustão e catalisadores poderiam reduzir consideravelmente as emissões de SO₂ e CO₂. Sistemas SCR (selective catalytic reduction) reduzem drasticamente as emissões de NO_x, como mostra a Figura 26. A otimização do perfil dos cascos para minimizar a resistência hidrodinâmica, otimização dos motores e outras soluções envolvendo a adição de água ao processo de combustão dos motores, como as técnicas FWE (Fuel Water Emulsion), DWI (Direct Water Injection) e HAM (Humid Air Motor) também podem reduzir as emissões de NO_x, conforme descreve o relatório “Air Pollution and Greenhouse Gas Emissions from Ocean-going Ships: Impacts, Mitigation Options and Opportunities for Managing Growth” (ICCT, 2007).

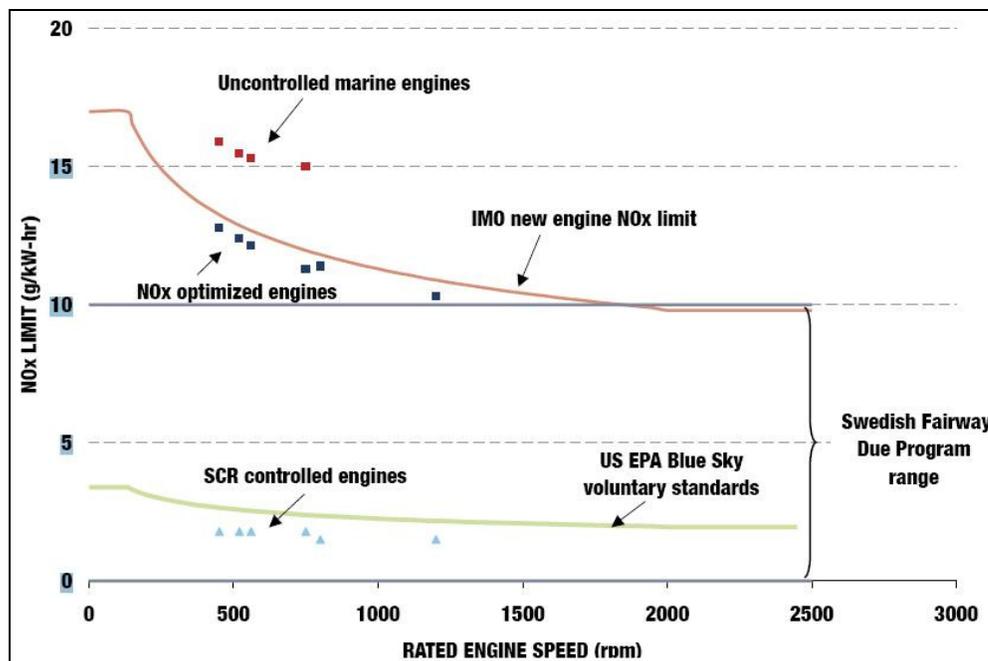


Figura 26 - Padrões de emissão de NOx nos EUA, UE e Suécia (ICCT, 2007).

Investimentos em fornecimento de energia elétrica proveniente dos portos às embarcações (shore side electricity), enquanto atracadas, também poderiam representar significativa diminuição das emissões de todos poluentes, além de reduzir o consumo de combustíveis. O uso de geradores solares e eólicos nos navios também poderia mitigar o consumo de combustível e, por conseguinte, a emissão de poluentes, tanto atracada quanto em navegação.

Igualmente, medidas políticas como, por exemplo, incentivos fiscais e subsídios, sobretaxas para empresas mais poluidoras, conversão em crédito de carbono das emissões abaixo dos limites, preferências por contratação de empresas menos poluidoras, poderiam incentivar um acelerado corte nas emissões de poluentes. Os trabalhos “Economic Instruments for Reducing Ship Emissions in the European Union” (NERA ECONOMIC CONSULTING, 2005) e “Technical support for European action to reducing Greenhouse Gas Emissions from international maritime transport” (CE DELFT, 2009) apresentam e detalham essas propostas.

Foi apresentada também uma estimativa para o consumo de combustível das embarcações envolvidas, baseando-se no consumo

energético das mesmas. Pode-se concluir que os resultados apresentados são aceitáveis, a medida que conferem com dados reais. Os menores valores apresentados pelos navios Suezmax sem DP, Aframax sem DP e Outros Shuttle Tankers sem DP deve-se ao fato desses navios não apresentarem sistema de posicionamento dinâmico (DP) e, portanto, uma menor potência total da planta auxiliar de energia. Esse fato também justifica o grande número de Supply Boats, uma vez que são estes os responsáveis por manter os Shuttle Tankers em posição para receber petróleo dos FPSO.

Determinados fatores na presente pesquisa agregam certa incerteza aos resultados obtidos, como algumas considerações e hipóteses assumidas e a utilização de valores médios para os dados, diante da falta de informações mais completas. Ao contrário das fontes emissoras terrestres, as fontes marítimas são mais difíceis de caracterizar devido a incertezas sobre os locais e níveis de atividade (CORBETT e KOEHLER, 2003). Outra possível fonte de incertezas é o nível de enxofre nos combustíveis, que pode variar de país para país e, até mesmo, de refinaria para refinaria. Os próprios FE em si, como qualquer medição, carregam consigo algum nível de incerteza, o qual é tema de diversos trabalhos. Analogamente, futuros trabalhos poderiam avaliar a incerteza associada aos resultados aqui obtidos.

Em contrapartida, foi elaborada nessa pesquisa uma análise de sensibilidade das emissões de CO₂, onde se pode perceber o efeito da alteração de cada parâmetro variável do processo, na emissão de CO₂. A razão por ter sido escolhido somente o CO₂ para essa análise é que este é o principal poluente e único gás causador de efeito estufa envolvido no processo. Além disso, a variação percentual das emissões dos demais poluentes será análoga à do CO₂, dado que a única diferença entre a emissão de cada poluente está no Fator de Emissão referente a cada poluente. Pode-se concluir que os fatores que mais influenciam na variação das emissões de CO₂ são: (i) a média de plataformas atendidas, (ii) tempo médio de serviço por plataforma, (iii) quantidade de navios e (iv) potência total média dos motores principais. Por outro lado, os fatores que

menos influenciam são: (i) tempo médio de carregamento/descarregamento no porto, (ii) tempo médio de trânsito entre plataformas, (iii) velocidade média de cruzeiro e (iv) tempo médio fundeado aguardando. Dessa forma, é possível estabelecer quais parâmetros merecem maior atenção numa futura análise de incertezas e, também, maior esforço em precisão, para um resultado mais apurado, e em melhorias operacionais, para redução das emissões.

A partir dessa obra, surgem outras sugestões para futuras pesquisas que poderiam contribuir de forma valiosa. Trabalhos contemplando toda a costa brasileira ajudariam a levantar o quantitativo nacional, e não apenas local, das emissões provenientes da indústria naval como um todo ou das embarcações que atuam no segmento de exploração e produção de petróleo, além de determinar a importância e proporção dos resultados obtidos em comparação com todo o país. Investigações considerando as estimativas para os anos anteriores, com o propósito de se ter um histórico de emissões da indústria naval e da indústria offshore do petróleo, auxiliariam a estabelecer uma linha de tendência e, assim, determinar a previsão de emissões para os próximos anos e décadas, tanto a nível local (Bacia de Campos) quanto a nível nacional. A utilização da metodologia “top-down” em confrontação com a metodologia “bottom-up”, utilizada nessa dissertação, também seria importante para a comparação dos resultados.

Por fim, podemos concluir também que esta pesquisa contribuiu significativamente para apontar e comprovar a importância e a necessidade do pagamento de royalties aos estados e municípios produtores. A maior parte da produção de petróleo no Brasil concentra-se offshore e, como pode-se constatar nesse trabalho, uma grande e significativa quantidade de poluentes é emitida nesse processo, trazendo danos ao meio ambiente local e à saúde da população dessas cidades. Cabe ressaltar que a presente pesquisa não levou em consideração a quantidade de poluentes emitida por plataformas de produção, perfuração e completação e por navios de sísmica e de lançamento de linhas, por exemplo, o que aumentaria consideravelmente o total de poluentes

emitidos. Apesar da produção de petróleo e da maior parte dessas emissões concentrarem-se no mar, a maior incidência de ventos na costa brasileira são provenientes do oceano em direção ao continente, trazendo assim grande parte dos poluentes emitidos para as regiões costeiras. Algumas cidades e regiões têm uma incidência de ventos ainda mais fortes soprando em suas direções, como a região dos lagos, o que tende a agravar ainda mais o problema nessas regiões. Segundo Pinho (2003), analisando quase 10 anos de dados na Bacia de Campos, os ventos na Bacia de Campos variam predominantemente de Norte a Leste. O autor conclui que durante períodos de bom tempo, predominam-se os ventos de N, NE e E. Ainda segundo Pinho (2003), durante os períodos de mau tempo, os ventos predominantes são de SW e SE.

Por definição, os royalties são pagamentos a título de indenização e que devem ser usados, preferencialmente, em energia, pavimentação de rodovias, abastecimento e tratamento de água, irrigação, proteção ao meio-ambiente e saneamento básico (BRASIL, 1985). Deste modo, é evidente que a parcela dos royalties destinada aos estados e municípios produtores tem a finalidade primordial de compensar esses estados e municípios pelos danos sociais e ambientais que surgirão e, também, para que tenham recursos financeiros para investimentos em infraestrutura e meio ambiente.

Estudos feitos por Silva (2003) já apontavam para um crescimento vertiginoso e assustador da criminalidade em Macaé, principal cidade envolvida com a exploração e produção de petróleo no Brasil. O crescimento demográfico da cidade foi tão intenso que é visível a constatação da desorganização e, conseqüentemente, da necessidade de grandes investimentos em infra-estrutura e urbanização. A grande quantidade de poluentes emitida no processo de exploração e produção de petróleo também deixa clara a necessidade de maiores investimentos em saúde pública e proteção ambiental das regiões produtoras de petróleo. Acidentes como o caso da plataforma Deepwater Horizon e o da P-36 também demonstram as conseqüências e riscos diretos aos quais os estados produtores estão expostos. No caso da Deepwater Horizon,

contratada pela BP no Golfo do México e que explodiu, naufragou e continua liberando milhões de litros de petróleo ao mar até o presente momento, as estimativas de indenização devido aos danos à população e ao meio ambiente já ultrapassam US\$ 20 bilhões (PEDRO, 2010).

As recentes descobertas de campos de petróleo no do pré-sal²⁰ tem despertado o interesse de outros estados brasileiros sobre o dinheiro provindo dos royalties do petróleo, mas o fato é que essas descobertas vão aumentar e muito as atividades de exploração e produção de petróleo offshore e, por conseqüência, só vão agravar ainda mais os problemas socioeconômicos e ambientais dos estados e municípios produtores. Portanto, todos esses fatores apresentados acima somados evidenciam um maior risco e impacto econômico, social e ambiental nos estados e municípios produtores e justificam a necessidade da manutenção de uma maior indenização a estas regiões através dos royalties.

²⁰ Define-se como pré-sal os reservatórios de petróleo situados abaixo da camada sedimentar de sal, geralmente composta por halita ou anidrita.