

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

VINICIUS NASCIMENTO MATOS

**ANÁLISE CRÍTICA DOS INDICADORES DE EMISSÕES ATMOSFÉRICAS E DE
GASES DE EFEITO ESTUFA NA GERAÇÃO DE ENERGIA**

CURITIBA

2021

VINICIUS NASCIMENTO MATOS

**ANÁLISE CRÍTICA DOS INDICADORES DE EMISSÕES ATMOSFÉRICAS E DE
GASES DE EFEITO ESTUFA NA GERAÇÃO DE ENERGIA**

Artigo apresentado à disciplina Trabalho de conclusão de curso como requisito parcial à conclusão do curso de Especialização em MBA em Gestão Ambiental, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

Orientadora: Anielly Dalla Vecchia

Co-orientador: André Luciano Malheiros

CURITIBA

2021

Análise Crítica dos Indicadores de Emissões Atmosféricas e de Gases de Efeito Estufa na Geração de Energia

Vinicius Nascimento Matos

RESUMO

A poluição atmosférica é responsável por agravar problemas de saúde, especialmente nos centros urbanos e nas zonas industriais, e por provocar o fenômeno do efeito estufa de origem antrópica. Desse modo, busca-se elaborar e aprimorar métodos de estimativas de emissões, compreender as consequências dos efeitos do ar poluído no ser humano, na fauna e na flora e estabelecer formas de minimização e mitigação. Devido à importância estratégica no desenvolvimento econômico, o setor de energia merece um olhar sob a ótica dos impactos ambientais associados, de modo a avançar progressivamente em busca de uma matriz energética limpa. O presente trabalho analisou os relatórios de sustentabilidade de seis grandes grupos empresariais do ramo, cujas fontes de geração são mistas (eólica, solar, hidrelétrica, termelétrica e biomassa, com proporções variadas), para obter seus valores de emissões atmosféricas, as tendências de variação e as ações voltadas para redução dos impactos. Entretanto, uma série de divergências nos dados e as limitações inerentes aos relatórios impossibilitam afirmar com segurança qual das organizações emite menos poluentes por kWh de energia gerada, evidenciando a necessidade de aprimorar os relatórios.

Palavras chave: Poluição, Emissões Atmosféricas, Gases de Efeito Estufa, Energia.

Critical Analysis of Indicators of Atmospheric and Greenhouse Gases Emissions in Energy Generation

ABSTRACT

Atmospheric pollution is responsible for aggravating healthy problems, especially in urban centers and industrial zones. It also causes the anthropogenic phenomenon of greenhouse effect. Thereby, sought elaborate and improve emission estimation methods, understand the consequences of the effects of polluted air on humans, on fauna and flora and establish ways of minimizing and mitigate. Due to the strategic importance in economic development, the energy sector deserves a look from the

perspective of the environmental impacts associated, in order to progress in search for a clean energy matrix. The present work analyzed the sustainability reports of six big business groups, whose sources of generation are mixed (wind, solar, hydroelectric, thermoelectric and biomass, with varied proportions), to obtain values of atmospheric emissions, the variation trends and the actions directed to the reduction of impacts. However, a series of divergences in data and inherent limitations in the reports makes impossible to say surely which of the organizations emits less pollutants per kWh of energy generated, highlighting the necessity of improving the reports.

Keywords: Pollution, Atmospheric Emissions, Greenhouse Gases, Energy.

1. INTRODUÇÃO

A temática ambiental tem ganhado cada vez mais notoriedade a partir do momento em que a sociedade vem adquirindo consciência dos efeitos negativos da degradação ambiental na manutenção dos ecossistemas, na sobrevivência das pessoas e até mesmo na continuidade do fornecimento de matérias primas vitais para o desenvolvimento. A preocupação com a condição do ar segue essa tendência.

O controle da contaminação do ar não ocorre da mesma forma que a água, pois pode-se escolher o manancial mais adequado para abastecimento e tratá-la para torná-la potável. Ao contrário disto, o ar inalado é, evidentemente, aquele existente ao redor das pessoas, sendo que um ser humano respira em média 17 mil litros de ar por dia. A presença de poluentes pode ocasionar problemas de saúde agudos (ocorrência imediata) ou crônicos (se manifestam ao longo do tempo) (CANÇADO *et. al*, 2006).

Além disso, a poluição da atmosfera também é responsável pelas mudanças climáticas, cujos prejuízos são sentidos por todo o planeta e de diversas formas: derretimento das calotas polares, aumento do nível do mar, possível extinção de espécies, branqueamento de corais, maior frequência de eventos extremos de temperatura, perda de lavouras, entre outros.

Dos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas (ONU), 3 tem interface direta com a poluição atmosférica: Energia limpa e acessível (7), cidades e comunidades sustentáveis (11) e ação contra a mudança global do clima (13).

Para minimizar o lançamento de poluentes na atmosfera, as instituições precisam de métodos seguros e confiáveis de quantificação dos gases emitidos e

identificação das fontes originárias, bem como das características do processo produtivo e do local onde estão inseridas. Nesse contexto, surgem iniciativas de inventários e divulgação de emissões de Gases Efeito Estufa (GEE) e de monitoramento de poluentes na fonte e no ambiente.

Para esse trabalho, seis conglomerados empresariais foram escolhidos para a análise comparativa, todas do mesmo setor, para que o comparativo fosse mais justo e coerente. Escolheu-se o setor de energia, por motivos que serão melhor descritos na seção “metodologia”. Esses grupos, somados, respondem por uma parcela representativa da geração de energia elétrica no país.

As fontes de dados foram os relatórios normatizados pelo modelo proposto pela *Global Reporting Initiative* (GRI), por serem registros públicos completos e atualizados dos dados ambientais das mesmas, e eventualmente complementados com outros documentos divulgados pelas empresas. Apesar de, por vezes, possuírem um grau de aprofundamento abaixo do desejado, pois as corporações tendem a restringir a publicação de informações ambientais por questões de confidencialidade e para que potenciais danos não se tornem de conhecimento geral.

O objetivo é obter, por meio destes documentos, um indicador padronizado de emissões de poluentes, para tentar expressar qual das organizações polui menos por unidade produzida. Após isso, espera-se citar as ações executadas por cada uma delas, analisando se essas se mostraram eficazes.

Ocasionado pelas limitações e incertezas presentes nesses relatórios, também são debatidas as diferenças nas abordagens encontradas nos mesmos, os desvios entre os dados divulgados, e as dificuldades encontradas para escolher um indicador que melhor reflita a realidade.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA GLOBAL E OS GASES DE EFEITO ESTUFA

Considerando que a quase totalidade dos estudos associam a ação antrópica na forma de emissão de poluentes atmosféricos como principal responsável por diversos danos ao meio ambiente, tanto em escala global como em escala local, faz-se necessário conhecer a origem dos tipos de poluição e suas quantidades, para definir metas consistentes de redução de lançamentos e mitigação dos efeitos. Por esse motivo, para estudar os poluentes em escala global, que são os GEE, foram

criados organismos internacionais com a intenção de aprofundar o conhecimento científico do assunto.

O *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) é um órgão das Nações Unidas que é referência em publicações técnicas e científicas acerca das mudanças climáticas. Embora não produza as próprias pesquisas (IPCC, *s.d.*), seus documentos norteiam instituições e a sociedade como um todo, munindo de informações utilizadas para quantificar emissões de GEE, propor métodos de redução e remoção dos mesmos e avaliar as consequências do aquecimento global para o ser humano, a fauna e a flora.

Referente à metodologia de quantificação, o *GHG Protocol* é a ferramenta mais aceita atualmente. Criada pela ONG *World Resources Institute* (WRI) com o objetivo de fornecer uma base de cálculo e incentivar a publicação de inventários. As iniciativas baseadas no *GHG Protocol* são divulgadas no registro público de emissões. A base de cálculo do *GHG Protocol* é dividida em três escopos: Escopo 1 – Emissões diretas de GEE, Escopo 2 – Emissões indiretas de GEE de energia e Escopo 3 – Outras emissões indiretas de GEE, sendo este último opcional (FGV, 2017), embora muitas vezes seja responsável pela maior parte das emissões de uma corporação.

A quantidade de inventários elaborados no país vem crescendo ao longo dos anos, mas ainda é modesta. Não existe um levantamento de quantos inventários foram publicados no Brasil, mas, proporcionalmente, são encontrados inventários de poucas companhias, instituições, cidades ou estados na internet. A finalidade é que seja constituída uma cultura empresarial nesse sentido, até atingir uma ampla diversidade de corporações.

A norma internacional que apresenta métodos para monitoramento, elaboração de inventários, redução das emissões e melhoria das remoções de GEE é a ISO 14.064 (ABNT, 2007). A metodologia do *GHG Protocol* é totalmente compatível com a ISO 14.064 e com o IPCC.

Outra iniciativa de divulgação de emissões corporativas de GEE é o *Carbon Disclosure Project* (CDP). Para o CDP, o objetivo é incentivar empresas e cidades a converterem-se em economias de baixo carbono, incentivando inclusive ganhos financeiros possibilitados por esta conversão, além da melhoria da sustentabilidade (CDP, 2020).

O relatório GRI é um modelo de relatório padronizado desenvolvido em 1997 pela ONG de mesmo nome com o propósito de ajudar organizações a compreender o

impacto de seus negócios e, a partir disso, agir no sentido de gerar benefícios para a sociedade. A GRI publica os padrões que devem ser seguidos em todos os relatórios, pois essa padronização permite ao leitor compreender os dados com mais facilidade e comparar instituições distintas (GRI, 2020). As informações produzidas nos inventários do *GHG Protocol* podem ser aplicadas no CDP e no GRI.

Este relatório é a principal forma que as corporações utilizam para divulgar à população as ações desenvolvidas para melhoria das condições ambientais e sociais em que estão inseridas. Nele, é possível observar indicadores de meio ambiente, segurança do trabalho, governança corporativa, e outros assuntos. Assim sendo, não se trata de uma publicação específica para emissões atmosféricas, mas é uma fonte notável de informações.

Com o intuito de manter a concentração de GEE em limites tais que as interferências antrópicas não cheguem a níveis perigosos, a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC, sigla em inglês para *United Nations Framework Conference on Climate Change*), por meio do Protocolo de Quioto, estabeleceu mecanismos adicionais de implementação para que os países possam cumprir suas metas de redução, sendo um desses o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) (FRONDIZI, 2009).

O MDL consiste em uma ferramenta na qual os países em desenvolvimento (não pertencentes ao anexo I) que reduzirem suas emissões de GEE gerem Reduções Certificadas de Emissão (RCE), que são adquiridas por países desenvolvidos que não conseguiram atingir sua meta (MOREIRA e GIOMETTI, 2008). Dessa forma, países em desenvolvimento são incentivados a reduzir emissões, uma vez que esta redução é voluntária para estes.

Existem diversos tipos de projetos elegíveis, como, por exemplo, indústria energética, distribuição e demanda de energia, indústria química e manufatureira, construção, transporte, agricultura, florestamento e reflorestamento, manejo e disposição de resíduos. Assim sendo, é necessária a quantificação do GEE emitido para que um projeto seja aprovado como apto a participar do MDL e gerar créditos que se traduzem em investimentos.

As substâncias conhecidas como Gás de Efeito Estufa são as regulamentadas pelo Protocolo de Quioto e suas emissões são representadas na unidade tCO₂e. Para fazer a conversão, os gases são associados a uma grandeza chamada Potencial de Aquecimento Global, em inglês *Global Warming Potential* (GWP). Esse número traduz

quantas vezes mais cada gás tem potencial de aquecer o planeta, tendo como parâmetro o gás carbônico. Os valores de GWP são exibidos na tabela 1.

TABELA 1 – VALORES DE GWP

Gás	GWP (<i>Fifth Assessment Report of the IPCC</i>)
CO ₂	1
CH ₄	28
N ₂ O	265
HFC-152a	138
SF ₆	23.500

FONTE: IPCC (2013).

No Brasil, a redução das emissões de GEE é prevista na lei 12.187/2009 (BRASIL, 2009) e no decreto 9.578/2018 (BRASIL, 2018a), porém, essa lei determina apenas a meta de redução do país. Não há meta para redução de GEE para empreendimentos, como existe para os poluentes regulados.

2.2. POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA LOCAL E OS POLUENTES REGULADOS

No que tange aos gases considerados como poluentes atmosféricos capazes de causar efeitos na saúde e no ambiente, estes são previstos na resolução CONAMA 491/2018 (que revogou a resolução CONAMA 03/1990) e constituem o Índice de Qualidade do Ar (IQA) (BRASIL, 2019). Os limites de emissão de poluentes são regidos pelas resoluções CONAMA 382/2006 (BRASIL, 2006) e 436/2011 (BRASIL, 2011) e eventualmente por legislações estaduais e municipais.

O IQA é um indicador que permite a fácil compreensão pela sociedade de qual o nível de qualidade do ar em determinado local naquele momento, e seus potenciais efeitos adversos na saúde. As substâncias que compõem o cálculo do IQA são (BRASIL, 2018b):

- Material Particulado (MP₁₀ e MP_{2,5})
- Dióxido de Enxofre (SO₂)
- Dióxido de Nitrogênio (NO₂)
- Ozônio (O₃)
- Fumaça
- Monóxido de Carbono (CO)
- Partículas Totais em Suspensão (PTS)
- Chumbo (Pb)

O monitoramento da qualidade do ar é fundamental para a população saber se está sendo exposta a riscos de problema respiratório causado por poluição atmosférica, de modo que algumas cidades no Brasil possuem estações de monitoramento distribuídas em pontos estratégicos. Por essa razão, o Ministério do Meio Ambiente divulgou em 2019 um guia para padronizar o monitoramento em todo o território nacional, evitando o emprego de metodologias diferentes em cada região, e também com o plano de expandir a rede de monitoramento por todo o país.

Entre as doenças comumente provocadas pela poluição do ar, estão as doenças respiratórias (asma, câncer de pulmão), cardiovasculares, neurológicas, de pele, do sangue, irritação nos olhos, nariz, boca e garganta. Grupos populacionais como idosos, crianças e pessoas com comprometimento pulmonar são mais sensíveis a esses efeitos. É estimado pela OMS que 90% da população mundial respire ar contaminado e 50 mil pessoas morram por ano em todo o mundo vítimas da má qualidade do ar (ONU, 2018).

O Material Particulado $MP_{2,5}$ é mais perigoso à saúde que o MP_{10} , pois seu diâmetro é mais fino (menor que 2,5 micrômetros) e, por isso, consegue penetrar mais facilmente no sistema respiratório.

A concentração de substâncias na atmosfera depende, sobretudo, da vazão, frequência de lançamento, tipo de gás, condições meteorológicas de dispersão, interação entre os gases e topografia do local. Sendo, dessa forma, um complexo resultado de variáveis, que muitas vezes requer modelagens e monitoramentos robustos para diminuir a possibilidade de incertezas. A vulnerabilidade da área também influencia, pois regiões habitadas devem ter controles mais rigorosos se comparado a uma emissão igual em regiões sem habitação no entorno.

A geração de energia normalmente emite os seguintes gases:

QUADRO 1 – GASES EMITIDOS NO PROCESSO DE GERAÇÃO DE ENERGIA

Gás	Origem
CO ₂ e N ₂ O	Queima de combustíveis fósseis (como diesel, gás natural, querosene e gás liquefeito de petróleo) por fontes móveis e estacionárias e tratamento de resíduos e o uso de fertilizantes agrícolas.
CH ₄	Queima de combustíveis por fontes móveis e estacionárias, emissões fugitivas nas linhas de distribuição de gás natural e decomposição de matéria orgânica em processos de tratamento resíduos sólidos.
SF ₆	Manutenção de equipamentos de transmissão e distribuição de energia, os quais utilizam esse gás como isolante ou para extinguir arcos elétricos. Nessas ações de manutenção ocorre a reposição do gás que foi perdido por emissão fugitiva.

Dióxido de enxofre (SO ₂) e Óxido de nitrogênio (NO _x)	Queima de combustíveis em usina térmica e em veículos.
--	--

FONTE: O autor (2020), com base em CEMIG (2020).

2.3. OUTROS ESTUDOS SOBRE O TEMA

Outras pesquisas discorreram sobre o tema: Matos (2016) calculou as emissões de GEE no transporte dos resíduos da Universidade Federal da Bahia no ano de 2014, tendo como resultado 96,94 tCO₂e. Santos (2015) desenvolveu o inventário de GEE por escopo da companhia de saneamento EMBASA no ano de 2012, cujo resultado foi 969.496 tCO₂e.

Trindade (2016) quantificou as emissões atmosféricas geradas em duas termoelétricas, sendo uma a óleo combustível e uma a gás natural, concluindo que a termoelétrica a gás natural emite menos poluentes atmosféricos que a termoelétrica a óleo combustível. Tissot *et. al.* (2016) avaliaram a qualidade do ar, com ênfase em PTS, MP₁₀ e materiais traço em duas estações de monitoramento na Região Metropolitana de Porto Alegre para medir as consequências de uma usina termelétrica e concluíram que a adoção de tecnologias modernas de tratamento reflete positivamente na qualidade do ar.

Existem alguns inventários de emissões de GEE estaduais e municipais no Brasil, além do inventário nacional. Todavia, a maioria desses estudos são pontuais e não houve continuidade para acompanhar a evolução dos indicadores.

3. METODOLOGIA

Esse trabalho utilizou dados secundários obtidos por meio dos relatórios de sustentabilidade GRI divulgados pelas corporações em seus sites oficiais na internet. Para permitir a comparação, todas as empresas pertencem ao mesmo setor. O setor de energia foi escolhido por ser estratégico para o desenvolvimento do país, e por ser responsável por 36% das emissões nacionais brutas (BRASIL, 2016).

Foi escolhido o número de seis complexos empresariais, para que esse estudo pudesse ter o grau de aprofundamento adequado a cada um deles. Embora existam outras grandes empresas de energia no Brasil, as seis escolhidas contemplam as concessionárias do serviço público de energia nas principais cidades

do país, com grande relevância nacional, e abrangem vasta quantidade de usinas com matrizes elétricas diversificadas. A lista encontra-se no quadro 2.

QUADRO 2 – EMPRESAS SELECIONADAS PARA ANÁLISE

Empresa	Abrangência¹	Verificação	Fonte
Petrobras	RS, SC, PR, SP, RJ, ES, MG, BA, SE, AL, PE, PB, RN, CE, MA, PA, AP, AM, Argentina, Bolívia, Colômbia, EUA, Holanda, Reino Unido, Singapura, Uruguai	KPMG	PETROBRAS, 2020 e PETROBRAS, 2019.
Neoenergia	RS, SC, PR, SP , RJ, MG, ES, BA , PE , PB, RN , CE, PI, TO, PA, MT, MS ³	KPMG	NEOENERGIA, 2020
AES	SP e BA	SGS	AES, 2020
CPFL	RS , SC, PR, SP , MG, GO, DF, MT, TO, PB, RN, CE	Rina	CPFL, 2020
ENEL	RS, SC, PR, SP , RJ , MG, ES, BA, PE, RN, CE , PI, GO , MT, TO, PA, RR	Ernst & Young (EY)	ENEL, 2020
CEMIG ²	RS, SC, PR, SP, RJ , ES, MG , MS, MT, GO, DF, BA, SE, AL, PE, PB, RN, CE, PI, MA, TO, PA, AP, RO, AM	Bureau Veritas	CEMIG, 2020

FONTE: O autor (2020).

¹ Abrangência se refere aos locais de operação. As empresas tem escritórios em outras localidades.

² A CEMIG é acionista da Light. A Light não fará parte do estudo para evitar duplicidade nos dados.

³ Estados em negrito correspondem aos estados onde a empresa atua como concessionária pública de energia elétrica.

No caso da Petrobras, as lacunas do relatório GRI foram complementadas pelo caderno de mudança do clima, cujos dados são de 2017.

Os indicadores GRI (chamados de GRI *Standards*) que tratam de emissões possuem o código iniciando com o número 305. Cada empreendimento utiliza os *Standards* que se aplicam ao seu modelo de negócio. Os *Standards* selecionados pelas empresas acima nos seus relatórios são listados no quadro 3.

QUADRO 3 – GRI STANDARDS POR EMPRESA

Código	Descrição	Petro-bras	Neo-energia	AES	CPFL	ENEL	CEMIG
201-2	Implicações financeiras, riscos e oportunidades devido às mudanças climáticas	✓	✓	✓	✓	✓	✓
305-1	Emissões diretas de GEE (Escopo 1)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
305-2	Emissões indiretas de GEE provenientes de energia (Escopo 2)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
305-3	Outras emissões indiretas de GEE (Escopo 3)	✓	✓	✓	✓	✓	✓
305-4	Intensidade das emissões de GEE	✓	✓	✓	✓	✓	✓
305-5	Redução das emissões de GEE	✓	✗	✗	✗	✓	✗
305-6	Emissões de substâncias que destroem a camada de ozônio	✓	✗	✗	✗	✗	✓
305-7	Emissões de óxidos de nitrogênio (NOx), óxidos de enxofre (SOx) e	✓	✓	✗	✗	✗	✓

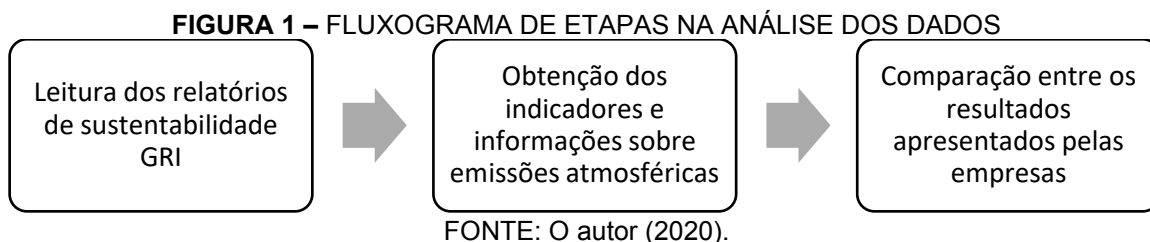
	outras emissões atmosféricas significativas						
--	---	--	--	--	--	--	--

Legenda:

- ✓ Standard incluído no relatório
- ✗ Standard não incluído no relatório

FONTE: O autor (2020).

A sequência de etapas seguidas neste estudo são mostradas na figura 1.



Observando os inventários de emissões e o registro público *GHG Protocol*, pode-se notar que a quantificação foi feita pelo método indireto, ou seja, utilizando fatores de emissão em vez da medição na fonte por instrumentos, mesmo porque esse método é mais rápido e de menor custo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Examinando os relatórios das corporações listadas, pode-se perceber que uma atenção especial é dada ao assunto das mudanças climáticas. Essa temática foi incorporada no planejamento estratégico delas porque exerce influência relevante nos seus negócios.

Entre os fatores citados como importantes, listam-se os seguintes perigos que as mudanças climáticas provocam na geração de energia: aumento dos episódios extremos de cheias e secas nos reservatórios; mudanças na direção, velocidade, intensidade e duração dos ventos; alterações na incidência de radiação solar; perda de produtividade agrícola (no caso da energia de biomassa); incêndios nas matas ciliares dos corpos hídricos e aumento da sobrecarga sobre o sistema, uma vez que os clientes consomem mais energia para suprir os sistemas de climatização (CPFL, 2020; NEOENERGIA, 2020; CEMIG, 2020 e ENEL, 2020).

Outro aspecto é que o Brasil é signatário de acordos mundiais para controle das emissões de GEE, então, as iniciativas de prevenção do aquecimento global melhoram a competitividade, a partir do momento em que existe o risco regulatório de

o país impor legislações que exijam a minimização das emissões ou precificações compulsórias de carbono. A intenção é se antecipar e evitar eventuais impactos negativos nesse sentido, o que está de acordo com os princípios da precaução e da prevenção da legislação ambiental.

Além disso, a preocupação com os fatores ambientais como um todo melhoram significativamente a imagem perante os seus *stakeholders* (clientes, acionistas, funcionários, fornecedores e a sociedade como um todo).

Apesar disso, apenas duas empresas (CPFL e CEMIG) comentaram em seus relatórios que possuem projetos MDL ou no mercado voluntário. Sendo assim, essa é uma grande oportunidade de negócios que ainda se encontra pouco explorada.

Após análise dos relatórios das empresas foram obtidas as informações mais relevantes sobre as emissões de poluentes atmosféricos. Os principais resultados encontrados em cada relatório são listados no quadro 4:

QUADRO 4 – PRINCIPAIS INFORMAÇÕES OBTIDAS NOS RELATÓRIOS

Petrobras (dados de 2019)
Dados operacionais: • Geração de energia elétrica a partir de termelétricas: 18 milhões de MWh (média 2.028 MW), destes, 98% provenientes de termelétricas a gás natural e 2% a óleo; • Geração de energia a partir de fontes renováveis: 160 mil MWh (média 18,39 MW); • Capacidade instalada total: 6.447 MW (20 usinas termelétricas, 1 planta solar, 1 planta fotovoltaica, 4 usinas eólicas e 2 PCHs).
Emissões de GEE: • Total de emissões escopos 1 e 2: 59 milhões de tCO₂e; • Total de emissões escopo 3: 400 milhões tCO₂e; • Intensidade de carbono E&P: 17,3 kgCO₂e/boe; • Intensidade de carbono refino: 42,5 kgCO₂e/CWT; • Intensidade de emissões de energia elétrica: 0,41 tCO₂e/MWh (dado de 2017 obtido do caderno do clima da Petrobras); • Intensidade de CO₂ emissões totais: 79 gCO₂e/MJ (dado de 2017 obtido do caderno do clima da Petrobras).
Emissões de poluentes regulados: • Emissões de NO_x: 217 mil t; • Emissões de SO_x: 138 mil t; • Emissões de MP: 13 mil t; • Poluentes monitorados: NO_x, CO, MP, SO_x, COV.
Metas: • Crescimento zero de emissões absolutas operacionais até 2025; • Redução de 32% da intensidade de carbono no segmento E&P até 2035; • Redução de 16% na intensidade de carbono no refino até 2025, em relação à base 2015.
Iniciativas para redução das emissões: • Publica o inventário de emissões voluntariamente desde 2002; • É uma das fundadoras do programa brasileiro <i>GHG Protocol</i>; • Emissões reportadas desde 2006 no CDP, obtendo nota B; • Filiada a diversos organismos internacionais de transição para energia de baixo carbono; • 11% do investimento em P&D em soluções para uma matriz de baixo carbono (PNG 2019-2023).
Resultados obtidos:

• 73,8 milhões de toneladas de CO₂ evitadas no período; • Redução de 74% em emissões em tocha; • Redução de 25% na intensidade de carbono (kgCO₂e/boe); • 3 milhões de CO₂ reinjetadas no período.
Justificativas para os resultados: • Reduções de GEE devidas à reinjeção de CO₂, redução da queima de gás em tocha, eficiência energética, redução do despacho termelétrico, entre outras ações; • Rede com 42 estações de monitoramento da qualidade do ar, em 9 estados brasileiros; • Melhoria da qualidade dos combustíveis; • Redução nas emissões de óxidos de nitrogênio em aderência à redução do despacho termelétrico; • Variações nas emissões de CO e COV no período decorrem de condições operacionais e aprimoramento contínuo do inventário desses poluentes; • Sem alterações significativas de emissões de enxofre e de material particulado; • No período de 2017 a 2019, apesar do aumento da produção, observa-se a redução do volume total de hidrocarbonetos não aproveitados, relacionada às ações voltadas para melhoria de eficiência operacional e redução de queima em tocha.
Neoenergia (dados de 2019)
Dados operacionais: • Capacidade em operação: 4,08 GW; • 86,8% da capacidade instalada vem de fontes renováveis (hidráulica e eólica); • Habitantes atendidos: 33.985.410; • Rede de distribuição: 638.302 km; • Energia gerada: 14.007 GWh; • 76,2% da energia gerada proveniente de fontes renováveis.
Emissões de GEE: • Emissões escopo 1: 1.021.214 tCO₂e; • Emissões escopo 2: 523.602 tCO₂e; • Emissões escopo 3: 7.516.256 tCO₂e; • Intensidade de emissões - Energia gerada (escopo 1): 72,9 gCO₂e/kWh; • Escopo 1: 11,3%; Escopo 2: 5,8%; Escopo 3: 83%.
Emissões de poluentes regulados: • Emissões de SOx e NOx relevantes apenas na Termopernambuco.
Metas: • Intensidade de emissões: 150 gCO₂e/kWh em 2030; • Intensidade de emissões diretas: 90 gCO₂e/kWh em 2030; • Neutralidade de carbono em 2050.
Iniciativas para redução das emissões: • Investimento em descarbonização; • Priorização de combustíveis limpos para abastecimento da frota (uso apenas de etanol, independente da relação do preço com o da gasolina), em estudo adequação com GNV, aquisição de veículos elétricos; • Participação em eventos sobre mudanças climáticas e associações; • Inventário de emissões <i>GHG Protocol</i> e ISO 14.064.
Resultados obtidos: • Comparado a 2017, as emissões diretas recuaram 37,1% e sobre 2018 a diminuição foi de 4%; • Intensidade de emissões diretas já é menor que a meta do grupo Iberdrola.
Justificativas para os resultados: • Ganhos de eficiência e menor geração de energia térmica.
CPFL (dados de 2019)
Dados operacionais: • Energia gerada: 13,1 TWh; • 98,3% do total gerado a partir de fontes renováveis (hidrelétrica, eólica, biomassa); • Capacidade instalada 4,3 GW • 96% da capacidade instalada a partir de fontes renováveis;
Emissões de GEE: • Emissões escopo 1: 425,4 mil tCO₂e;

- Emissões escopo 2: 359,3 mil tCO₂e; - Emissões escopo 3: 32,8 mil tCO₂e; - Intensidade de emissões - Energia gerada (escopo 1): 32,5 tCO₂e/GWh; - Intensidade de emissões - Energia distribuída (escopo 2): 5,2 tCO₂e/GWh; - Intensidade de emissões - Receita operacional líquida (escopos 1 e 2): 26,2 tCO₂e/R\$ milhões.
Emissões de poluentes regulados: Não apresentou.
Metas: - Reduzir em 10% intensidade de carbono até 2024; - Manter pelo menos 95% de fontes renováveis de geração até 2024.
Iniciativas para redução das emissões: - Possui cinco projetos MDL e outros no mercado voluntário (VCS); - Em 2019, comercializou mais de 110 mil créditos de carbono (MDL e VCS); - Aquisição de 16 carros elétricos; - Está entre os líderes do CDP; - Selo ouro do <i>GHG Protocol</i>; - Desde 2018, estudam mecanismos para reduzir ou compensar emissões.
Resultados obtidos: - Redução de 39% das emissões de escopo 1 em relação a 2018; - Redução de 80% das emissões de escopo 3 em relação a 2018; - Emissões evitadas: 2,6 milhões de tCO₂e.
Justificativas para os resultados: - Redução no escopo 1 pelo menor despacho em uma das usinas; - Redução de 80% das emissões de escopo 3 ocorreu porque não houve construção de usinas para geração de energia.
AES (dados de 2019)
Dados operacionais: - Capacidade total instalada: 3.343 MW; - Energia gerada: 12.543 GWh; - Uso exclusivo de fontes renováveis (hidrelétrica, eólica e solar).
Emissões de GEE: - Emissões escopo 1: 223 tCO₂e, emissões biogênicas 316 tCO₂e; - Emissões escopo 2: 320 tCO₂e; - Emissões escopo 3: 249 tCO₂e; - Intensidade de emissões (escopo 1): 0,35 tCO₂e/MW; - Intensidade de emissões (escopos 1 e 2): 0,85 tCO₂e/MW.
Emissões de poluentes regulados: Não apresentou.
Metas: Redução de 2% nas emissões por energia gerada até 2023, em relação a 2018.
Iniciativas para redução das emissões: - Publicou pelo terceiro ano consecutivo o inventário de emissões no <i>GHG Protocol</i>, selo ouro; - Participa do CDP; - Priorização do abastecimento com etanol e alternativas de compartilhamento ou carona dos colaboradores; - Uso da tecnologia para evitar deslocamentos; - Compensação de viagens aéreas dos empregados com o plantio de mudas no entorno dos reservatórios.
Resultados obtidos: - Redução de 38% na intensidade de escopo 1; - Redução de 62% na intensidade de escopos 1 e 2.
Justificativas para os resultados: Não apresentou.
ENEL (dados de 2019)
Dados operacionais: - Capacidade instalada de geração: 3.061 MW; 89% de capacidade instalada vem de fontes renováveis (solar, eólica e hídrica);

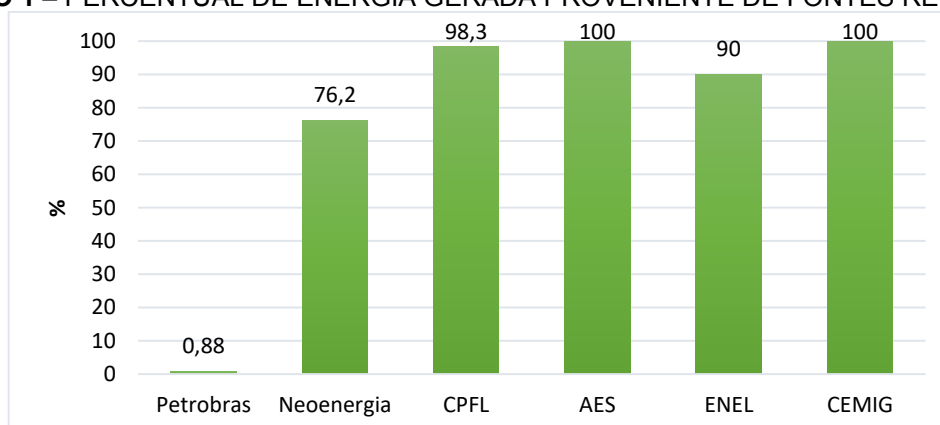
• Capacidade instalada de geração em renováveis: 2.734 MW; • Geração renovável em construção: 1.913 MW; • Capacidade total instalada em geração renovável: 4.634 MW; • Energia gerada: 11.266 GWh; • 90% do total de energia gerada oriunda de fontes limpas; • 2.323 MW em construção em ativos renováveis.
Emissões de GEE: • Emissões escopo 1: 425.281 tCO₂e, emissões biogênicas 6.042 tCO₂e; • Emissões escopo 2: 3.632.111 tCO₂e; • Emissões escopo 3: 2.384.297 tCO₂e, emissões biogênicas 1.776 tCO₂e; • Total de emissões: 393.802 tCO₂e; • Intensidade de emissões: 36,35
Emissões de poluentes regulados: Não apresentou.
Metas: • Neutralidade até 2050; • Reduzir 70% das emissões diretas de GEE/kWh até 2030, ano base 2017.
Iniciativas para redução das emissões: • Participa do CDP (nota B) e do <i>GHG Protocol</i>; • Em 2019, compensou 8.535 tCO₂e por meio de compra de crédito de carbono; • Viabilização de veículos elétricos.
Resultados obtidos: • Redução de emissões 2.009 tCO₂e; • Reduções provenientes de compensações: 8.535 tCO₂e.
Justificativas para os resultados: Não apresentou.
CEMIG (dados de 2019)
Dados operacionais: • Consumidores: 8,5 milhões; • Energia gerada: 13.407.445 MWh; • Capacidade instalada: 6.020 MW; • Capacidade instalada livre de emissões de GEE: 100% (hidráulica, eólica e solar).
Emissões de GEE: • Emissões escopo 1: 51.938 tCO₂e; • Emissões escopo 2: 598.518 tCO₂e; • Emissões escopo 3: 6.451.462 tCO₂e; • Foram emitidas 7.024 tCO₂ de origem renovável (1.677 tCO₂ renovável para escopo 1 e 5.347 tCO₂ renovável para escopo 3); • A maior parte das emissões de escopo 1 foram devidas à combustão estacionária; • Emissões de SDO irrelevantes.
Emissões de poluentes regulados: • Emissões de SO_x: 109 t; • Emissões de NO_x: 46 t; • Emissões de MP: 3,65 t.
Metas: • Reduzir 10% das emissões de fontes móveis até 2022 em relação a 2017; • Metas alcançadas (Reduzir, até 2020, em 2% a intensidade (t/MWh) das emissões de material particulado proveniente da fonte térmica; em 4% as emissões de material particulado proveniente das fontes veiculares; em 1% a intensidade (t/MWh) das emissões de NO_x proveniente da fonte térmica; em 4% as emissões de NO_x provenientes das fontes veiculares, tendo 2017 como ano base; em 25% a intensidade (t/MWh) das emissões de SO_x proveniente da fonte térmica, tendo 2013 como ano base; Manter o percentual de perdas de SF₆ (kg de SF₆ emitido/quantidade total instalada de SF₆) no máximo em 0,66% até 2022; Ter, em 2019, emissões de escopo 1 no máximo igual a 56.842 tCO₂e); • Outras metas para plantas específicas.
Iniciativas para redução das emissões: • Premiada pelo CDP pelo 8º ano consecutivo; • Participação em associações empresariais voltadas para a sustentabilidade;

• Possui seis projetos MDL; • Publica inventário de emissões de GEE seguindo diretrizes <i>GHG Protocol</i> e ISO 14.064.
Resultados obtidos: • Projetos de eficiência energética evitaram a emissão de mais de 11 mil tCO₂e em 2019; • Não houve reduções consistentes de emissões de GEE.
Justificativas para os resultados: • Redução emissões de material particulado pela implantação do precipitador eletrostático.

FONTE: O autor (2020).

Pode-se observar que, com exceção da Petrobras, grande parte da energia gerada pelas companhias vem de fontes renováveis, o gráfico 1 ilustra esses percentuais:

GRÁFICO 1 – PERCENTUAL DE ENERGIA GERADA PROVENIENTE DE FONTES RENOVÁVEIS

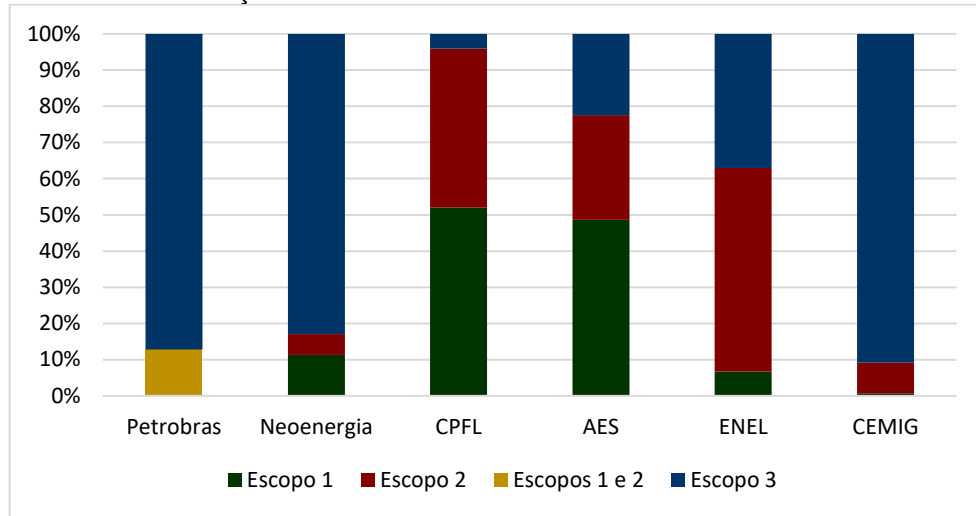


FONTE: O autor (2020).

O indicador visto na maioria dos relatórios foi a intensidade de emissões de escopo 1 por unidade de energia gerada, portanto, as comparações entre as emissões nesse estudo serão feitas com base neste. Apesar de suas imprecisões, esse indicador é mais coerente do que usar o total de emissões da companhia, pois a geração de energia não é a única atividade delas, os outros processos (transmissão, distribuição, etc.) também emitem poluentes. Os resultados serão apresentados na unidade gCO₂e/kWh, que equivale a tCO₂e/GWh.

Uma representação mais fiel da realidade, que seria dispor de um indicador do total das emissões dos três escopos por unidade de energia, se torna inviável pela dificuldade em consolidar a geração, transmissão e distribuição em uma única grandeza. Esses processos estão associados a diversas atividades, com unidades de medidas diferentes, e a empresa que é mais eficiente (sob o ponto de vista da poluição atmosférica) na geração pode não ser na distribuição, por exemplo.

O gráfico 2 exibe a proporção entre os três escopos para cada empresa:

GRÁFICO 2 – PROPORÇÃO ENTRE OS ESCOPOS DO GHG PROTOCOL POR EMPRESA

FONTE: O autor (2020).

Para os poluentes regulados, não há indicador predeterminado pela GRI. Uma possibilidade seria emissões por energia gerada (em g/kWh). Tal comparativo precisaria ser feito para cada um dos poluentes. Para evitar comparações em condições desiguais, o presente estudo não irá incluir, pois apenas três empresas relataram essas emissões, sendo que uma destas só incluiu uma unidade de produção (Neoenergia). As duas restantes tem produção de energia bem distinta: uma é predominantemente do ramo do petróleo (Petrobras) e a outra de energia elétrica (CEMIG).

Cabe destacar que o relatório da ENEL apresentou algumas inconsistências, como a intensidade de emissões colocada sem unidade, não tendo valor científico, o total de emissões bem distante da soma das emissões para os três escopos e consideravelmente diferente do exibido no registro público do *GHG Protocol*. Por essas razões, a ENEL fica excluída das próximas análises.

O relatório da CEMIG, embora enuncie quais indicadores adota, não informa os resultados. Enquanto a AES empregou um indicador diferente das demais, que foi emissões por capacidade instalada. Então, para AES e CEMIG, será usado nesse trabalho o indicador calculado da seguinte maneira:

$$\frac{\text{Total de emissões de escopo 1 (tCO}_2\text{e)}}{\text{Energia gerada (GWh)}}$$

Os resultados dos cálculos foram os seguintes:

$$\text{AES: } \frac{223 + 316}{12.543} = 0,043 \text{ tCO}_2\text{e/GWh}$$

$$\text{CEMIG: } \frac{51.938}{\left(\frac{13.407.445}{1000}\right)} = 3,87 \text{ tCO}_2\text{e/GWh}$$

No caso da Petrobras, o indicador mais correto para o comparativo é o que considera apenas a intensidade de emissões de energia elétrica, cujo resultado foi 0,41 tCO₂e/MWh. Como foram incluídos os três escopos no indicador e é impossível isolar apenas a emissão de escopo 1 originada da geração de energia elétrica, para recalcular o indicador de maneira equilibrada com as demais, aqui será feita uma aproximação, na qual a proporção entre os três escopos na geração de energia é a mesma que a global da organização.

O valor da soma das emissões de escopo 1 e 2 foi considerado como igual ao escopo 1, pois, de acordo com o caderno do clima (PETROBRAS, 2019) as emissões de escopo 2 foram pouco representativas. Logo, possivelmente, esse comportamento se repetiu em 2019. O cálculo feito foi:

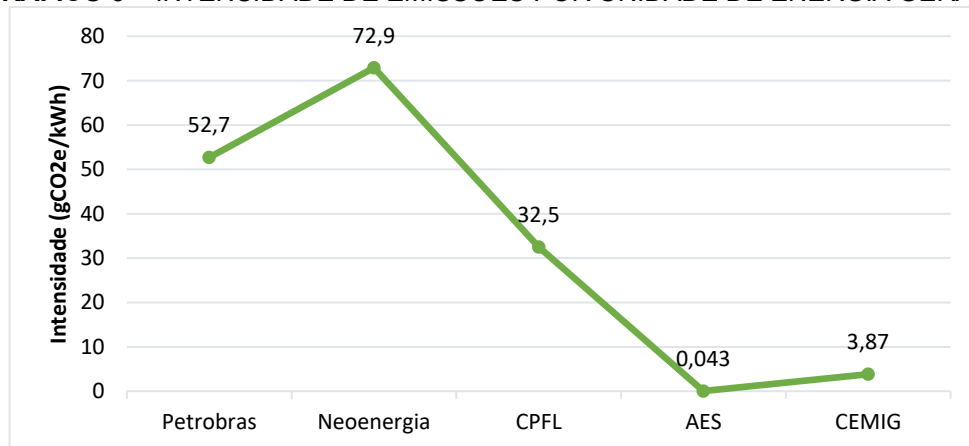
$$\frac{\text{Emissões de escopo 1}}{\text{Emissões totais}} = \frac{59}{459} = 12,85\%$$

$$0,41 * 1000 = 410 \text{ tCO}_2\text{e/GWh}$$

$$410 * 0,1285 = 52,7 \text{ tCO}_2\text{e/GWh}$$

O gráfico dos valores para o referido indicador nas empresas encontra-se no gráfico 3.

GRÁFICO 3 – INTENSIDADE DE EMISSÕES POR UNIDADE DE ENERGIA GERADA



FONTE: O autor (2020).

O gráfico permite perceber que os resultados encontrados diferem bastante entre si, mesmo entre as que possuem portes semelhantes. Era esperada alguma diferença devido às proporções entre as fontes de energia usadas por cada companhia, entretanto, a ordem de grandeza dos valores tão destoante aponta que outras razões explicam o fato.

Como já discorrido, alguns relatórios apresentaram inconsistências nos resultados, e também divergências entre os valores dos relatórios GRI e do registro público do *GHG Protocol* ou do CDP, ou seja, é possível que números estejam incorretos. Para viabilizar a uniformidade das informações e estabelecer comparações precisas, os relatórios deveriam trazer melhor detalhamento da metodologia das estimativas, das medições e dos cálculos desenvolvidos.

A AES apresentou o menor indicador porque os valores de emissão são muito abaixo das demais. Além disso, a atuação da companhia é menor. Mesmo que a intenção do indicador seja nivelar os parâmetros, esse é um fator que exerce influência.

A CEMIG, cujo resultado também foi baixo, apresentou valores pequenos de emissões de escopo 1, porém elevados no escopo 2 e mais ainda no escopo 3. Neste caso, o escopo 1 foi responsável por apenas 0,7% das emissões totais, o que evidentemente influenciaria o indicador para bem abaixo das demais. Em outras palavras, apesar o desempenho aparentemente bom, não significa que foi de fato menos poluente.

Nesse estudo, utilizou-se como referência os números de emissões das companhias como um todo, e não a emissão específica por fonte energética (por exemplo, das termelétricas) ou por planta. O objetivo era identificar qual empresa poluiu menos para gerar a mesma quantidade de energia. Nesse caso, obviamente, podem acontecer distorções derivadas da matriz energética empregada por cada corporação.

Para as fontes renováveis (eólica, solar), não há emissão de poluentes regulados nem GEE na sua operação, embora exista nas atividades acessórias inerentes ao funcionamento das mesmas (por exemplo, construção, administração, descomissionamento), por isso, o total de emissão nos escopos nunca será zero.

A geração de energia por termelétrica a carvão emite SOx, NOx e MP, enquanto a termelétrica a gás não emite MP nem SOx. Em ambos os casos, a emissão

de CO₂ depende da qualidade do combustível. Além disso, mesmo entre termelétricas a carvão, ocorrem variações que dependem da qualidade do carvão e da idade da usina (usinas mais antigas são menos eficientes, e o carvão encontrado na região sul do Brasil possui potencial calorífico inferior ao carvão encontrado nas outras regiões) (JICA, 1997 *apud* TISSOT, 2016).

Na energia hidrelétrica também há variações nas emissões a depender da quantidade de matéria orgânica presente nos reservatórios. Em outras palavras, das fontes citadas, de um modo geral, a mais poluente é a termelétrica, seguida da hidrelétrica e eólica. Porém, a energia hidrelétrica, que é a mais utilizada no país, é a que apresenta maior variação (MIRANDA, 2012). Miranda (2012) estimou os fatores de emissão médios para a matriz energética brasileira e por fonte utilizando a Análise do Ciclo de Vida (ACV), que é uma ferramenta desenvolvida para avaliar os impactos ambientais de um produto em todo o seu ciclo de vida (desde a aquisição da matéria-prima, passando por produção, uso e disposição). Esses fatores são listados na tabela 2.

TABELA 2 – FATORES DE EMISSÃO MÉDIOS ESTIMADOS PELA ACV

Fonte	Fator de emissão (gCO₂e/kWh)
Termelétrica a carvão mineral	1.144
Termelétrica a gás natural	518
Termelétrica a óleo combustível	781
Termelétrica a óleo diesel	829
Hidrelétrica	86
Eólica	16
Nuclear	14
Matriz energética brasileira	125

FONTE: Miranda (2012).

Disto obtém-se uma observação interessante: Determinada empresa pode ter um processo de geração de energia mais limpo, porém ser mais poluente em suas atividades acessórias e mesmo assim apresentar indicador mais baixo que outra empresa que é mais eficiente nas atividades acessórias e mais poluente no processo de geração. Isso acontece porque o indicador só contabiliza as emissões de escopo 1, ou seja, as emissões diretas.

A Neoenergia, que apresentou o resultado mais alto no indicador, também é a que possui menor percentual de fontes renováveis (excetuando a Petrobras), confirmando o esperado. Em contrapartida, o resultado da Petrobras contraria o

esperado, uma vez que a quase totalidade da sua fonte é térmica, mas o seu desempenho não foi o pior entre as cinco.

Apesar disso, para ter certeza dos motivos que levaram o resultado de cada organização, seria necessária uma investigação mais detalhada que não é possível fazer apenas com as informações contidas nos relatórios GRI ou no *GHG Protocol*, como as condições das usinas termelétricas, idade, processos, os equipamentos de controle, entre outros.

Convém comentar que, como o indicador leva em consideração apenas as emissões de escopo 1, a proporção entre os escopos ganha vital importância para entender os resultados apresentados. Isso pode significar que, por exemplo, uma companhia que terceiriza muitas de suas atividades pode estar “transferindo” para o escopo 3 (logo, retirando do indicador) parte das emissões que outra companhia que executa internamente a mesma atividade a apresenta no escopo 1.

Certamente, outros fatores que contribuem para diferenças tão profundas entre os escopos são os limites organizacionais (se por controle operacional ou participação societária) e os limites operacionais (sobretudo no escopo 3, que é opcional).

Examinando o registro público do *GHG Protocol*, constata-se que algumas empresas deixaram de fora relevantes fontes de emissões, como, por exemplo: Bens e serviços comprados, deslocamento de funcionários (casa-trabalho), resíduos gerados, entre outros.

Por serem conglomerados empresariais, a definição dos limites por controle operacional pode excluir o relato de emissões que acontecem dentro de unidades em que a mesma possui elevado percentual de participação, mas que não estejam sob o seu controle.

Devido às limitações e erros na divulgação das informações, reitera-se que não necessariamente a empresa que obteve melhor desempenho realmente poluiu menos por kWh gerado, bem como o pior resultado não significa que poluiu mais. Essa comparação deve ser vista com cuidado, pois, como já comentado, os resultados dos relatórios estão passíveis de inconsistências, e também a metodologia de cálculo dos indicadores, a qual não foi demonstrada por nenhuma empresa, interfere substancialmente nos resultados.

Vale lembrar que os órgãos ambientais limitam as emissões de poluentes regulados e fiscalizam o cumprimento das leis, então, todas as empresas devem

cumprir pelo menos o que prevê a lei. Por outro lado, não existe limite de emissão de GEE exigido por lei. Essa previsão legal poderia acelerar e intensificar essas reduções, bem como favorecer a adesão de outros setores de mercado.

Ainda assim, as demandas de mercado, as diretrizes de instituições como a WRI e o IPCC e o fato de os dados apresentados nos relatórios serem verificados por terceira parte sugerem a atitude dessas companhias em avançar além do que é exigido, e assumirem o compromisso para alcançar os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável como destacaram em seus relatórios.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O atual trabalho demonstrou que a comparação entre emissões, ainda que buscando indicador padronizado para evitar distorções, depende de uma série de fatores e da complexa interação entre eles, como: a metodologia usada para quantificação, as matrizes energéticas, equipamentos, unidades da empresa incluídas no estudo, abrangência territorial, porte, localização, limites entre os escopos, entre outros.

Os relatórios GRI se mostraram fontes importantes de dados, contudo, precisam ser fortalecidos. Por sua abrangência, o número de páginas dedicada a cada tema é restrito. Por isso, e pela tradicional cultura das empresas em dificultar ao máximo o acesso público às informações, o grau de aprofundamento dos conteúdos por vezes deixa a desejar.

A divulgação de um relatório de sustentabilidade só tem eficácia se garantir a veracidade e a coerência do seu conteúdo, informando à sociedade sobre as ações que a companhia desenvolve para minimizar e mitigar seus impactos (ambientais e sociais), e não deve ser visto como mera formalidade, apenas para cumprir exigência de fornecedores, clientes, governos ou ONGs.

Falhas nos resultados finais sugerem oportunidades de melhoria tanto para a organização que elabora o relatório quanto para a consultoria contratada para verificação.

Apesar da GRI ter o intuito de padronização, ela não determina a unidade de medida dos indicadores, pois a unidade mais adequada é própria de cada ramo e atividade desenvolvida. Disto decorre que, mesmo sendo todas do setor de energia,

a unidade do indicador intensidade de emissões não foi a mesma para as organizações estudadas, o que comprometeu a comparação.

Examinando os números apresentados pelas empresas, constata-se que, de modo geral, ocorrem oscilações nas emissões nos últimos anos (são contemplados nas tabelas o ano atual e os dois anos anteriores), com justificativas pontuais, não sendo possível afirmar se há uma clara tendência de queda, crescimento ou estabilidade.

É importante ressaltar que o escopo 3, apesar de ser opcional pelo *GHG Protocol*, é responsável por uma parcela significativa das emissões na maioria dos casos. Entre as companhias presentes nesse trabalho, o escopo 3 chegou a ultrapassar 90% do total de emissões de GEE.

Quando o assunto são os poluentes regulados, há uma escassez de dados ainda maior. Apenas metade incluiu essas emissões nos relatórios, e mesmo estas o trataram superficialmente, de tal modo que nem sequer foi possível traçar indicadores e estabelecer comparativos. Esses gases, que podem trazer graves prejuízos à saúde da população, deveriam receber mais atenção.

Reduzir as emissões é sempre a atitude mais recomendável, embora a mitigação dos seus efeitos também é uma excelente contribuição. É uma característica positiva que todas as empresas tenham dedicado esforços a essa redução, e suas atividades são constantemente aprimoradas na direção de possuir uma matriz energética de baixo carbono. Em contrapartida, apenas algumas mostraram procedimentos de compensação de emissões, como o plantio de árvores, por exemplo. Esse é um elemento que merece destaque no futuro.

REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR ISO 14.064/2007**. Rio de Janeiro, 2007.

AES. **Relatório de Sustentabilidade 2019**. São Paulo, 2020. Disponível em: <http://relatorio2019.aesbrasil sustentabilidade.com.br/pdf/aestiete_rs2019.pdf>. Acesso em: 16/08/2020.

BRASIL. **Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009**. Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima – PNMC e da outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 29 dez. 2009. Disponível em:

<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/l12187.htm>. Acesso em: 27/08/2020.

BRASIL. **Decreto nº 9.578, de 22 de novembro de 2018**. Consolida atos normativos editados pelo Poder Executivo federal que dispõem sobre o Fundo Nacional sobre Mudança do Clima, de que trata a Lei nº 12.114, de 9 de dezembro de 2009, e a Política Nacional sobre Mudança do Clima, de que trata a Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009. Diário Oficial da União, Brasília, 22 nov. 2018a. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2018/Decreto/D9578.htm#art25>. Acesso em: 27/08/2020.

BRASIL – Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC). **Estimativas Anuais de Emissões de Gases de Efeito Estufa no Brasil**. 3ª edição. Brasília, 2016. Disponível em: <https://sirene.mctic.gov.br/portal/export/sites/sirene/backend/galeria/arquivos/2018/10/11/Estimativas_3ed.pdf>. Acesso em: 16/08/2020.

BRASIL – Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Guia Técnico para o Monitoramento e Avaliação da Qualidade do Ar**. Brasília, 2019. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/images/agenda_ambiental/qualidade-do-ar/Guia_Tecnico_para_o_Monitoramento_e_Avaliacao_da_Qualidade_do_Ar.pdf>. Acesso em: 20/08/2020.

BRASIL – Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Resolução CONAMA nº 382, de 26 de dezembro de 2006**. Estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas. Diário Oficial da União, Brasília, 26 dez. 2006. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res06/res38206.pdf>>. Acesso em: 27/08/2020.

BRASIL – Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Resolução CONAMA nº 436, de 26 de dezembro de 2011**. Estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas instaladas ou com pedido de licença de instalação anteriores a 02 de janeiro de 2007. Diário Oficial da União, Brasília, 26 dez. 2011. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=660>>. Acesso em: 27/08/2020.

BRASIL – Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Resolução CONAMA nº 491, de 19 de novembro de 2018**. Dispõe sobre os padrões de qualidade do ar. Diário Oficial da União, Brasília, 19 nov. 2018b. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=740>>. Acesso em: 20/08/2020.

CANÇADO, J. E. D; BRAGA, A; PEREIRA, L. A. A; ARBEX, M. A; SALDIVA, P. H. N; SANTOS, U. P. **Repercussões clínicas da exposição à poluição atmosférica**. São Paulo, 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-37132006000800003&lng=pt&tlng=pt>. Acesso em: 14/02/2021.

CDP – *Carbon Disclosure Project*. **Who we are**. Londres 2020. Disponível em: <<https://www.cdp.net/pt/info/about-us>>. Acesso em: 22/08/2020.

CEMIG – Companhia Energética de Minas Gerais. **Relatório Anual de Sustentabilidade 2019**. Belo Horizonte, 2020. Disponível em: <<http://www.cemig.com.br/RAS/relatorio2019/Paginas/relatorio2019.pdf>>. Acesso em: 16/08/2020.

CPFL. **Relatório Anual 2019**. Campinas, 2020. Disponível em: <http://www.relatorioanualcpfl.com.br/pdf/CPFL_RelatorioAnual2019.pdf>. Acesso em: 16/08/2020.

ENEL. **Relatório Anual de Sustentabilidade ENEL no Brasil 2019**. Niterói, 2020. Disponível em: <https://www.eneldistribuicaoasp.com.br/Documents/Relatorio_de_Sustentabilidade_Enel_no_Brasil_2019.pdf>. Acesso em: 16/08/2020.

FGV – Fundação Getúlio Vargas. **Especificações do Programa Brasileiro GHG Protocol: Contabilização, Quantificação e Publicação de Inventários Corporativos de Emissões de Gases de Efeito Estufa**. 2ª edição. São Paulo, 2017. Disponível em: <https://s3-sa-east-1.amazonaws.com/arquivos.gvces.com.br/arquivos_ghg/152/especificacoes_pb_ghg_protocol.pdf>. Acesso em: 22/08/2020.

FRONDIZI, I. M. R. L. (Coord). **O mecanismo de desenvolvimento limpo: guia de orientação 2009**. Rio de Janeiro: Imperial Novo Milênio, FIDES, 2009. 136 p.

GRI – *Global Reporting Initiative*. **About GRI**. Amsterdã, 2020. Disponível em: <<https://www.globalreporting.org/information/about-gri/Pages/default.aspx>>. Acesso em: 20/08/2020.

IPCC – *Intergovernmental Panel on Climate Change*. **About – IPCC**. Genebra, s.d. Disponível em: <<https://www.ipcc.ch/about/>>. Acesso em: 22/11/2020.

IPCC – *Intergovernmental Panel on Climate Change*. **Climate Change 2013: The Physical Science Basis**, Capítulo 8 – *Anthropogenic and Natural Radiative Forcing*. Cambridge e New York, 2013. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5_Chapter08_FINAL.pdf>. Acesso em: 20/08/2020.

MATOS, V. N. **Estimativa de emissões de gases de efeito estufa devido ao transporte de resíduos nos Campi da UFBA de Salvador**. 2016. 47 f. Monografia (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) – Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2016.

MIRANDA, M. M. **Fator de Emissão de Gases de Efeito Estufa da Geração de Energia Elétrica no Brasil: Implicações da Aplicação da Avaliação do Ciclo de Vida**. 2012. 162 p. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.

MOREIRA, H. M; GIOMETTI, A. B. R. **Protocolo de Quioto e as possibilidades de inserção do Brasil no Mecanismo de Desenvolvimento Limpo por meio de**

projetos em energia limpa. Rio de Janeiro, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-85292008000100001>. Acesso em: 14/02/2021.

NEOENERGIA. **Relatório de Sustentabilidade 2019.** Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <https://www.neoenergia.com/pt-br/sustentabilidade/configuracoes/RelatSusteNeoenergia/RS_Neoenergia_2019_FIN_AL.PDF.pdf>. Acesso em: 16/08/2020.

ONU – Organização das Nações Unidas. **ONU: 9 em cada 10 pessoas no mundo respiram ar poluído.** S./, 2018. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/onu-9-em-cada-10-pessoas-no-mundo-respiram-ar-poluido/>>. Acesso em: 29/08/2020.

PETROBRAS – Petróleo Brasileiro S.A. **Caderno de Mudança do Clima.** Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: <<https://petrobras.com.br/pt/sociedade-e-meio-ambiente/meio-ambiente/mudancas-do-clima/>>. Acesso em: 22/09/2020.

PETROBRAS – Petróleo Brasileiro S.A. **Relatório de Sustentabilidade 2019.** Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <<https://sustentabilidade.petrobras.com.br/src/assets/pdf/Relatorio-Sustentabilidade.pdf>>. Acesso em: 16/08/2020.

SANTOS, J. O. **Inventário de emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) na Embasa:** oportunidades para o aprimoramento da gestão das emissões. 2015. 160 f. Tese (Doutorado em Engenharia Industrial) – Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2015.

TISSOT, R. C. M; PIRES, M. J. R; ALVES, R. C. M; BARBOSA, R. S. Avaliação do material particulado no ar atmosférico em área de influência de usina termelétrica considerando as diferentes tecnologias adotadas no controle de efluentes atmosféricos. **Geochimica Brasiliensis**, 2016, v. 30, n. 2, p. 184-201.

TRINDADE, M. E. J. **Análise dos Impactos Ambientais Causados por Termoelétricas a Óleo Combustível e a Gás Natural:** Um Estudo de Caso. 2016. 85 f. Monografia (Graduação em Engenharia Química) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, Salvador, 2016.