

Relatório de divulgação

# **Projeto Blockchain no GHG Protocol**

## Índice

Sumário Executivo .....	4
Contexto .....	7
As energias renováveis no Brasil .....	7
Programa Brasileiro GHG Protocol .....	10
Uso de Blockchain no setor de energia .....	15
Abordagem metodológica.....	22
Proposição de um modelo de uso de blockchain junto ao GHG Protocol no Brasil .....	24
Oportunidades para evolução.....	26
Referências Bibliográficas.....	28
Anexo: O Artefato de TI proposto, baseado em blockchain .....	31



## Sumário Executivo

Este relatório apresenta estudo desenvolvido por pesquisadores da EAESP/FGV (Escola de Administração de Empresas de São Paulo, da Fundação Getulio Vargas) em parceria com FGVces e apoio do CNPq<sup>1</sup>, que investiga usos de blockchain como ferramenta para ajudar as empresas a produzirem inventário das emissões de gás efeito estufa no Brasil.

Este inventário, conhecido como GHG Protocol, é produzido a partir de metodologia desenvolvida por duas organizações globais, o World Resources Institute (WRI) e o World Business Council for Sustainable Development (WBCSD). Utilizada em todo o mundo, a aplicação do GHG Protocol no Brasil é orientada pelo **Programa Brasileiro GHG Protocol** desde 2008, mantido pelo Centro de Estudos em Sustentabilidade (FGVces), da Fundação Getulio Vargas<sup>2</sup>.

O uso de blockchain em aplicações que contribuam com os objetivos de desenvolvimento sustentável promovidos pela Organização das Nações Unidas tem sido um tema de relevância crescente. O secretariado da Convenção sobre a Mudança do Clima (ou UNFCCC, do inglês United Nations Framework Convention on Climate Change), também percebeu a oportunidade de empregar blockchain para o controle da concentração de gases do efeito estufa (GHG, do inglês Greenhouse Gases) na atmosfera. Em seu website<sup>3</sup>, o UNFCCC aponta que o blockchain pode ajudar a melhorar o rastreamento e produção de inventários de emissões de gases de efeito estufa, fornecendo mais transparência e prevenindo dupla contagem dessas emissões.

O foco do estudo apresentado neste relatório foi na contabilização de emissões de escopo 2, que no GHG Protocol representa os relatos de emissões de GHG relacionadas à aquisição de energia elétrica de terceiros. Para a realização do estudo, dez empresas que produzem seus inventários nas categorias de emissão do escopo 2 foram procuradas e entrevistas com funcionários responsáveis pelo registro do inventário para o GHG Protocol foram realizadas seis dessas organizações. Uma sétima organização

---

<sup>1</sup> CHAMADA UNIVERSAL MCTIC/CNPQ N.º 28/2018

<sup>2</sup> <http://ghgprotocolbrasil.com.br/o-programa-brasileiro-ghg-protocol?locale=pt-br>

<sup>3</sup> <https://unfccc.int/news/how-blockchain-technology-could-boost-climate-action>

que emite certificados de energia renovável também foi entrevistada para o estudo. A partir dessas entrevistas foi possível entender em profundidade o processo de levantamento de informações para o inventário, bem como as dificuldades encontradas nesse processo.

A principal contribuição pretendida com este estudo é disseminar o conhecimento sobre oportunidades de uso de blockchain na produção do inventário relacionado ao GHG Protocol. Apoiados em estudos acadêmicos e de mercado sobre implantação de plataformas baseadas em blockchain, o estudo culminou com a proposição de um modelo conceitual (ver anexo 1) apresentando uma possível solução para melhorar a eficiência na produção dos inventários do GHG Protocol no nível do escopo 2.

Como conclusão do estudo, pode-se afirmar que o modelo conceitual proposto de uma plataforma em blockchain para produção de inventários de GHG tem potencial para aumentar transparência e controle em todas as etapas do preenchimento do inventário. Pode-se esperar também uma melhora na segurança e confiabilidade sobre as informações de emissão registradas, além de facilitar o processo de contabilização das informações produzidas por diversas fontes.

Implementar um piloto funcional do modelo conceitual proposto está além dos objetivos pretendidos por este estudo, mas espera-se também que, além dos esperados ganhos de qualidade no registro de informação mencionados, o uso de uma plataforma em blockchain possa encurtar o tempo de coleta e preenchimento dos dados necessários para o inventário, com uma proporcional redução de custos para as empresas que desejam reportar suas emissões de gases de efeito estufa. Todas essas vantagens combinadas poderiam atrair mais empresas para o grupo de mais de 140 que hoje contabiliza as suas emissões segundo o GHG Protocol, aumentando a eficiência deste monitoramento que é essencial para garantir uma gestão mais eficiente da sustentabilidade no planeta.

Este estudo apresenta um exercício conceitual que deve ser entendido como uma primeira etapa para ajudar no entendimento do potencial do uso de uma plataforma em blockchain para registro das emissões segundo o GHG Protocol. Novos estudos devem necessariamente avançar para integrar no desenho dessa plataforma os escopos 1 e 3, que ficaram fora desta primeira etapa. Como resultado, novos estudos podem também

expandir para uma futura etapa de uso de blockchain para o rastreamento do consumo de energia desde as suas fontes e com isso estimular as empresas a aumentar a sua opção por energias renováveis. Esperamos, entretanto, que possa ser um primeiro passo para disseminar o conhecimento de blockchain para promoção do consumo mais consciente de energia por parte das empresas.

**Equipe de pesquisa**

Eduardo H. Diniz

João Yamaguchi

Teresa R. R. Santos

Carlos Eduardo

Mateus E. Carvalho

André Salem

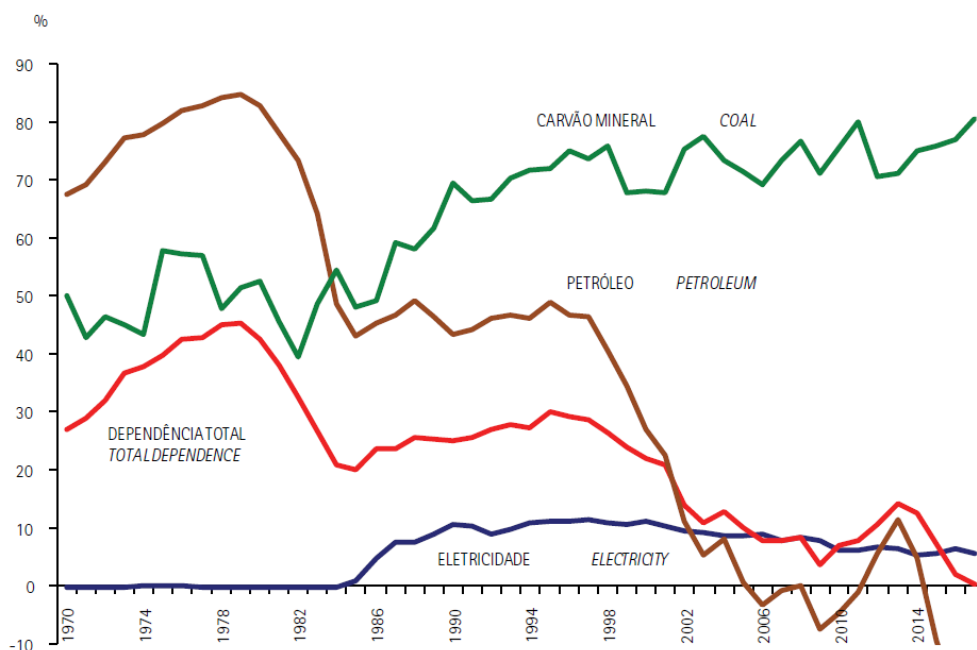
## Contexto

### *As energias renováveis no Brasil*

A participação das energias renováveis na matriz energética brasileira está retomando seu crescimento no Brasil. Segundo dados da Empresa de Pesquisa Energética - EPE (2019), entre 2009 e 2014, a porcentagem das energias renováveis na Oferta Interna de Energia (OIE) passou de 47% para 39%; porém, nos anos seguintes, essa porcentagem voltou a crescer atingindo 45% em 2019. Mesmo com estas flutuações, participação brasileira é maior em comparação com outros países. A média da proporção mundial das energias renováveis no mundo em 2016 foi de 13,7%, e dos países membros da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico (OCDE) no mesmo ano foi de 9,7%. Além disso, apesar da dependência externa de carvão mineral e energia elétrica ter aumentado, a dependência externa total do Brasil de energia diminuiu consideravelmente nos últimos anos (gráfico 1).

**GRÁFICO 1**

#### Dependência Externa de Energia

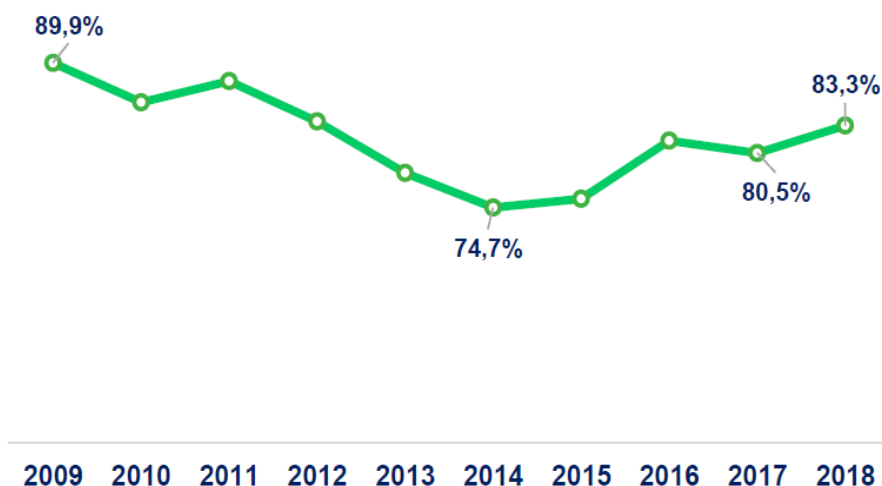


Fonte: EPE (2018)

De acordo com a EPE (2018), a origem da matriz elétrica brasileira é predominantemente renovável, sendo que a fonte hídrica representou 65,2% da oferta interna em 2017. A situação da participação das energias renováveis na matriz elétrica brasileira pode ser observada no gráfico da Figura 1.

**FIGURA 1**

### Participação das renováveis na matriz elétrica



Fonte: EPE (2019)

No gráfico da Figura 1, que compreende um período de 10 anos, pode ser observado que no Brasil a participação das fontes renováveis na matriz elétrica apresentou a maior porcentagem em 2009, e posteriormente passou por um período de declínio até 2014. A partir de 2015, essa participação voltou a aumentar, representando 83,3% em 2018, o ano base do estudo (EPE, 2019).

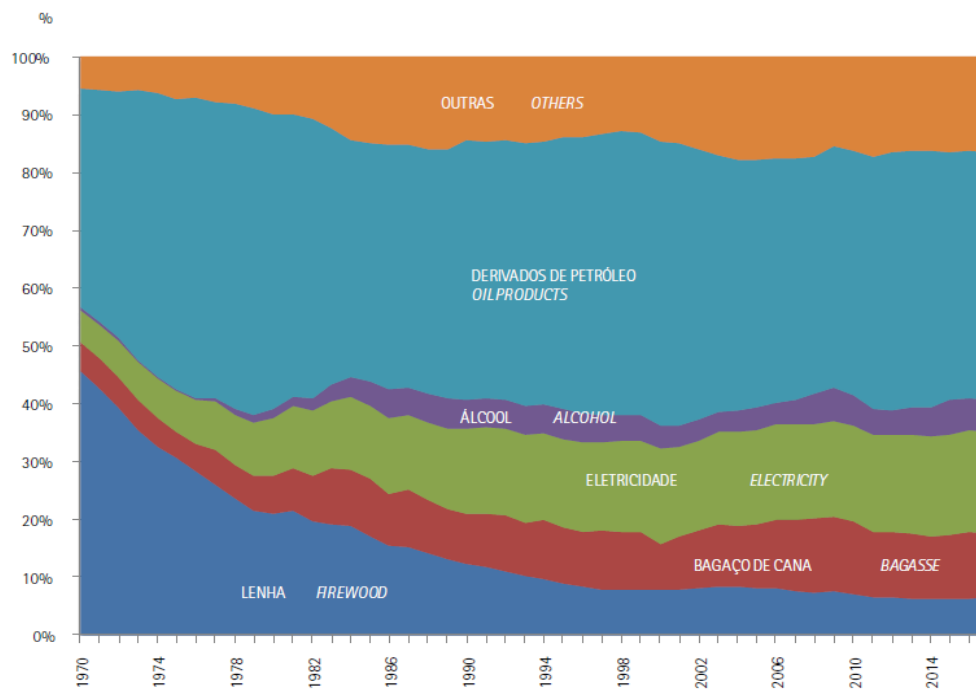
Entretanto, mesmo com esse cenário positivo da matriz energética e elétrica brasileira, tanto internamente como em relação a outros países, não significa que a situação é de conformidade. A necessidade de se utilizar fontes mais renováveis de energia pode ser explicada tanto pela Figura 1 (situação da participação das energias renováveis na matriz elétrica) como pelo consumo energético final brasileiro ainda ser



majoritariamente de fontes não-renováveis. O Gráfico 2 apresenta o consumo final brasileiro por fonte de energia.

## GRÁFICO 2

### Consumo Final Brasileiro por Fonte

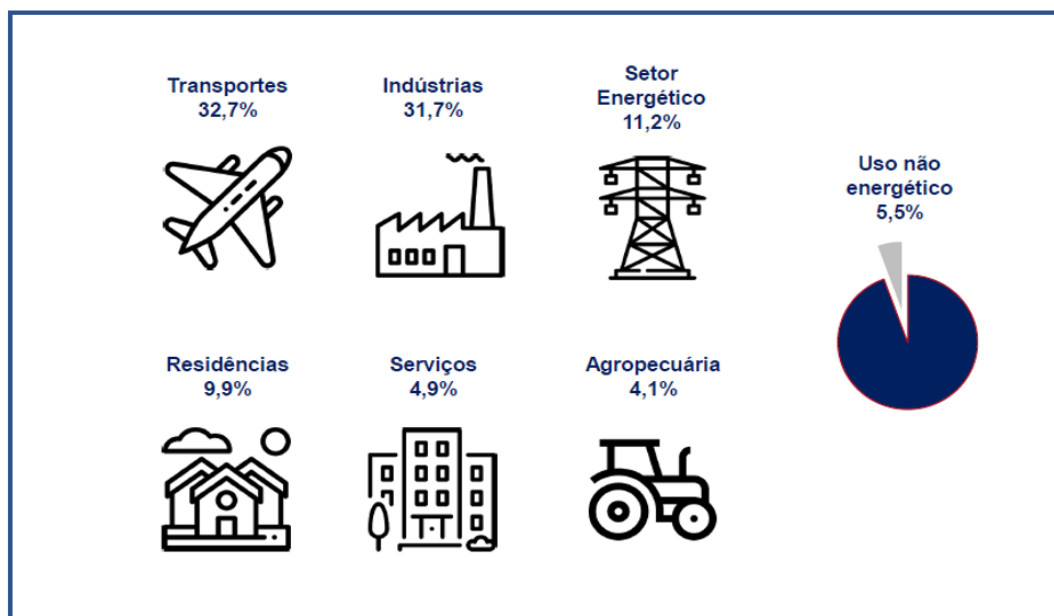


Fonte: EPE (2018)

Neste cenário de aumento do uso de energias renováveis no Brasil, ao mesmo tempo em que há uma liderança no país, na conjuntura mundial abre oportunidades para pensarmos em novas formas de seu incentivo e sua utilização, passando pela criação de novos modelos de negócio, meios de tornar o mercado mais eficiente e de inclusão de novos participantes. A figura 2 apresenta o uso da energia no Brasil por setor.

**FIGURA 2**

**Uso de energia por setor no Brasil**



Fonte: EPE (2019)

***Programa Brasileiro GHG Protocol***

O GHG Protocol, ou The Greenhouse Gas Protocol – A Corporate Accounting and Reporting Standard, é uma ferramenta utilizada por organizações para a construção de inventários de gases de efeito estufa. A metodologia foi desenvolvida pelo World Resources Institute (WRI) e World Business Council for Sustainable Development (WBCSD), lançada em 1998 e revisada em 2004. Sua aplicação no Brasil começou a partir do Programa Brasileiro GHG Protocol, em 2008; realizado pelo Centro de Estudos em Sustentabilidade (FGVces), da Fundação Getulio Vargas (FGV) e pelo World Resources Institute (WRI), em parceria com o Ministério do Meio Ambiente (MMA), o Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável (CEBDS) e o World Business Council for Sustainable Development (WBCSD). A iniciativa também é responsável por criar uma plataforma aberta para a publicação dos inventários, o Registro Público de

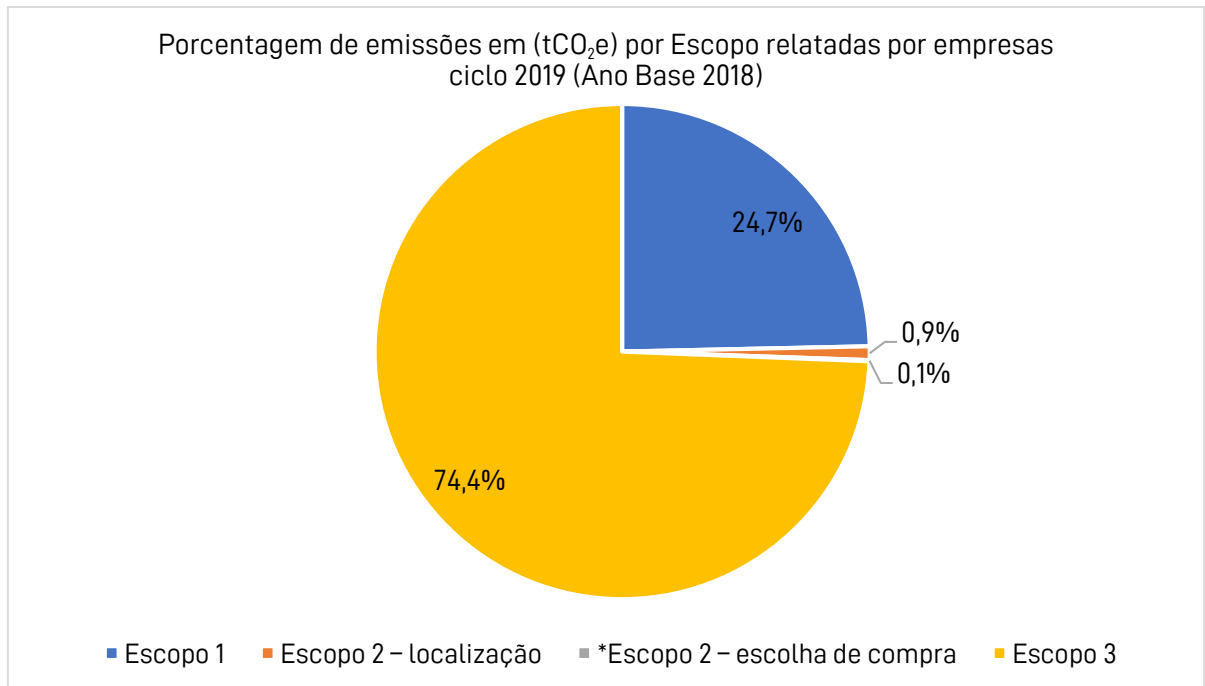
Emissões. Por fim, o Programa também leva treinamentos às organizações participantes para o preenchimento correto dos relatórios.

O objetivo do programa seria promover uma cultura voluntária para identificação cálculo e a elaboração de inventários de emissões de GEE (CENTRO DE ESTUDOS EM SUSTENTABILIDADE, 2008). Entre os benefícios às organizações estão: 1) a vantagem competitiva, garantindo a sustentabilidade e gestão mais eficiente; 2) melhoria das relações com stakeholders, os relatos do GHG Protocol permitem a publicação de informações em outros indicadores e reportes, como o Índice Bovespa de Sustentabilidade Empresarial (ISE), da Global Reporting Initiative (GRI); 3) o registro histórico de dados, que permitiria a adoção de melhorias de processos; 4) condições para participar do mercado de carbono.

A declaração é dividida em três escopos. No Escopo 1 estão as emissões diretas de GEE provenientes de fontes que são controladas pela organização. Alguns exemplos são processos de combustão e de processos físicos e químicos. No Escopo 2 estão as emissões da aquisição de energia elétrica. O Escopo 2 pode ser consolidado por duas abordagens: baseado na localização (média de emissões na geração de energia em um determinado sistema elétrico, ou grid) ou baseado na escolha de compra (associando as fontes de geração com sua origem). São aceitos para o rastreamento das emissões: os Certificados de energia renovável (REC's) e os Contratos de Compra e Venda de Energia Elétrica no Ambiente de Contratação Livre (CCEAL). No Escopo 3 estão as demais emissões indiretas da organização, isto é, derivada de fontes que não pertencem ou não são controladas pela organização. O Escopo 3 é opcional.

A partir dos dados do Registro Público de Emissões, percebemos que as empresas relatam de formas desproporcional os escopos. No ciclo 2019, aproximadamente 1% das emissões relatadas pertenciam ao Escopo 2; 0,9% baseado na localização, e 0,1% baseado na escolha de compra. Já nos Escopos 1 e 3 foram relatados 24,7% e 74,4% das emissões, respectivamente (Figura 3).

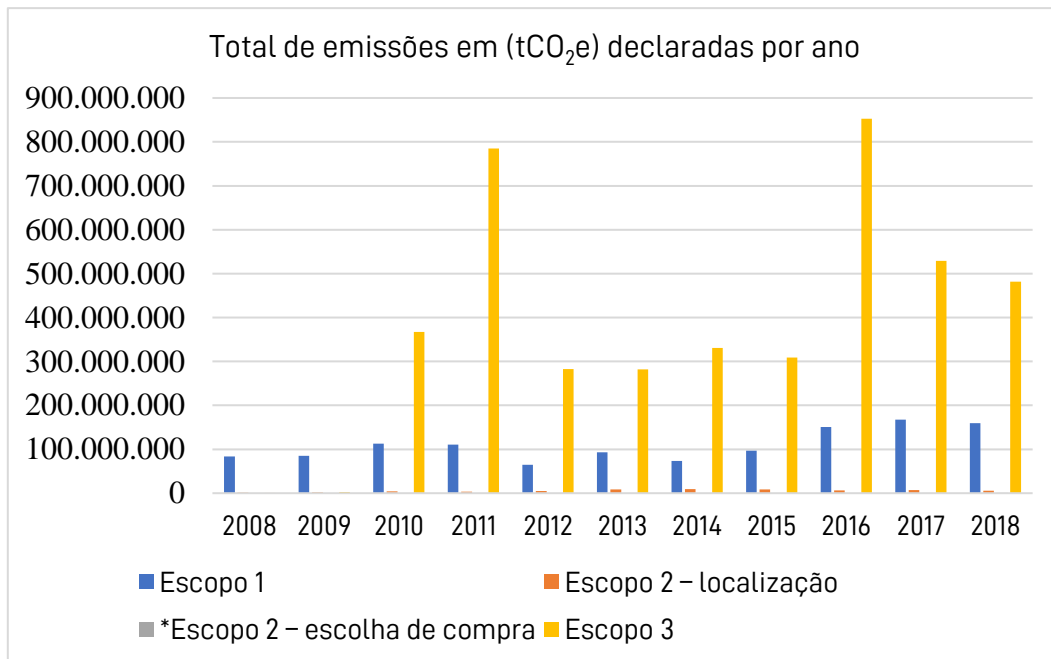
**FIGURA 3**



**Fonte: Programa Brasileiro GHG Protocol (2019)**

Este panorama de declaração baixa das emissões relativas ao Escopo 2 não é exclusividade do ciclo 2019, mas se analisarmos os dados em perspectiva histórica, vemos o mesmo fenômeno. Assim, o Escopo 2 nem é visível na escala do gráfico 3 abaixo, que retrata as emissões em tCO<sub>2</sub>e declaradas por ano desagregada por cada Escopo. Cabe ressaltar que a modalidade de declaração do Escopo 2 como modalidade de compra foi introduzida apenas no ciclo 2018, ano base 2017.

**GRÁFICO 3**

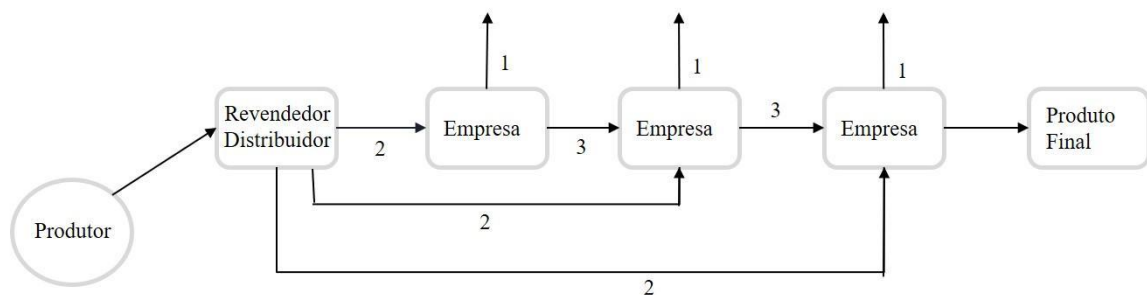


Fonte: Programa Brasileiro GHG Protocol (2019)

Para analisar a relação entre os Escopos, a pesquisa produziu um modelo analítico, que inclui a compra de energia por empresas, a emissão direta de gases de efeito estufa, e as transações entre organizações. O modelo é ilustrado pelo Esquema 1, em que os números 1, 2 e 3 representam os respectivos escopos. O Esquema se inicia com o produtor de energia, que transfere sua mercadoria para um revendedor ou distribuidor. Esta energia é posteriormente vendida para as demais empresas, indicando o Escopo 2. Os processos das empresas emitem diretamente os gases, simbolizado pelo Escopo 1. Já as transações entre empresas caracterizam as emissões indiretas, Escopo 3. Por fim, os produtos finais chegam aos consumidores.

## ESQUEMA 1

### Fluxo de energia no escopo 2 entre organização no Programa Brasileiro GHG Protocol



Fonte: Elaboração dos autores.

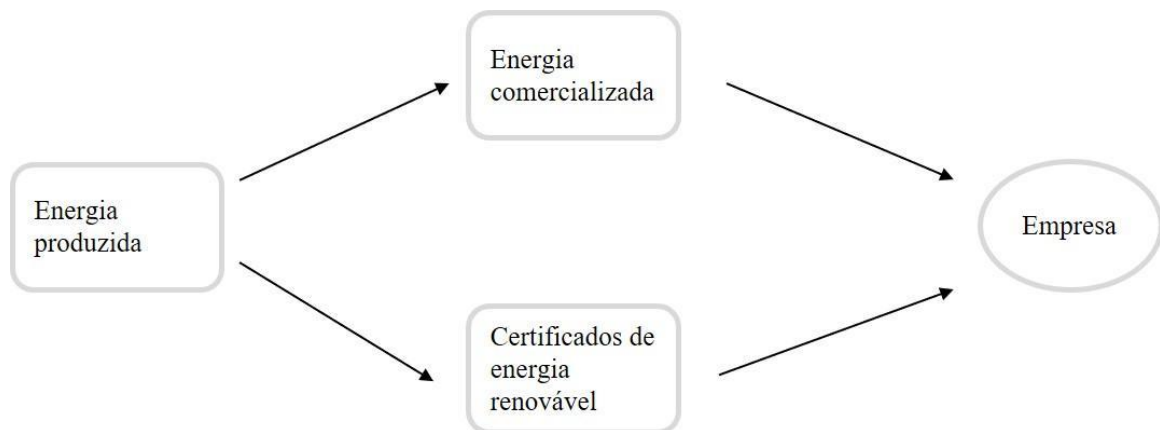
Percebe-se pelos dados apresentados que o Escopo 2 é o que apresenta maior oportunidade de intervenção para melhorias pois é o que é menos reportado. A partir dessa análise, avaliou-se que seria pertinente concentrar o foco do estudo sobre aplicação de blockchain no processo de inventário de emissão de gases sobre o Escopo 2. Percebemos que os escopos 1 e 3 seriam de difícil rastreamento e agregação de informações. Isso ocorre, pois no caso do escopo 1, não se têm uma base dados com todas as fontes de emissões diretas das empresas que seja integrável e comparável. No caso do escopo 3, não temos como garantir que a empresa possui todas as informações para estimar emissões que não são suas. No escopo 2 existe uma rede limitada de transações de atores envolvidos e um único bem a ser rastreável, a energia elétrica consumida pelas empresas.

Para entender como o blockchain poderia ser utilizado no Escopo 2, pode-se pensar em termos de fluxos nas transações da energia elétrica renovável da perspectiva do produtor. Assim, podemos dividir a cadeia de comércio da energia renovável em dois caminhos: a venda da energia renovável como energia comum (suja) e a venda de certificados de energia renovável (RECs) dela derivados, como mostra o Esquema 2. Nesse sentido, este estudo concentrou em entender, a partir do preenchimento do

inventário de emissões do Programa Brasileiro GHG Protocol, o processo de declaração do Escopo 2, por empresas que optaram pela modalidade escolha de compra, identificando assim possibilidade de automação e aplicação de blockchain.

## ESQUEMA 2

### Fluxo de transações da perspectiva de produtor



Fonte: Elaboração dos autores.

### Uso de Blockchain no setor de energia

Blockchain é o elemento que garante funcionamento estável e robusto de uma quantidade cada vez maior de criptomoedas. Mais do que uma tecnologia, blockchain é um conceito que fundamenta as arquiteturas nas quais diversos tipos de plataformas tecnológicas podem ser construídos. De maneira geral, a lógica de implementação das plataformas baseadas em blockchain segue o seguinte roteiro: blocos de transações são validados por algoritmos, criptografados e registrados em livros contábeis distribuídos. Como a maioria das atividades de negócio podem ser organizadas como encadeamento de processos e geram transações na conclusão de cada etapa, elas podem também ser registradas em cadeias de blocos validados em plataformas digitais baseadas em blockchain.

No setor de energia, o blockchain pode ser aplicado para redução de custos, habilitando novos modelos de negócios, pode gerir melhor a complexidade do setor,

pode gerar segurança de dados e pode engajar o consumidor (CASINO; DASAKLIS; PATSAKIS, 2019). Andoni et al. (2019) classifica as aplicações de blockchain no setor de energia em oito categorias: 1) Mediação, cobrança e segurança; 2) criptomoedas, tokens e investimentos; 3) comércio de energia descentralizado; 4) certificados verdes e mercado de carbono; 5) gerenciamento de rede; 6) IoT, dispositivos inteligentes e automação; 7) mobilidade eletrônica na energia elétrica; e 8) iniciativas de uso geral. Em um estudo com 140 casos de blockchain no setor de energia, os autores identificaram que a maior parte diz respeito ao comércio de energia descentralizados (33%), as criptomoedas, tokens e investimentos (19%); e à IoT, dispositivos inteligentes e automação. Os certificados verdes e mercado de carbono somam apenas 7% dos projetos. Estes dados podem ser observados na Figura 4 abaixo.

**FIGURA 4**

**Benefícios do blockchain no setor de Energia**

**No setor de energia, o blockchain pode:**

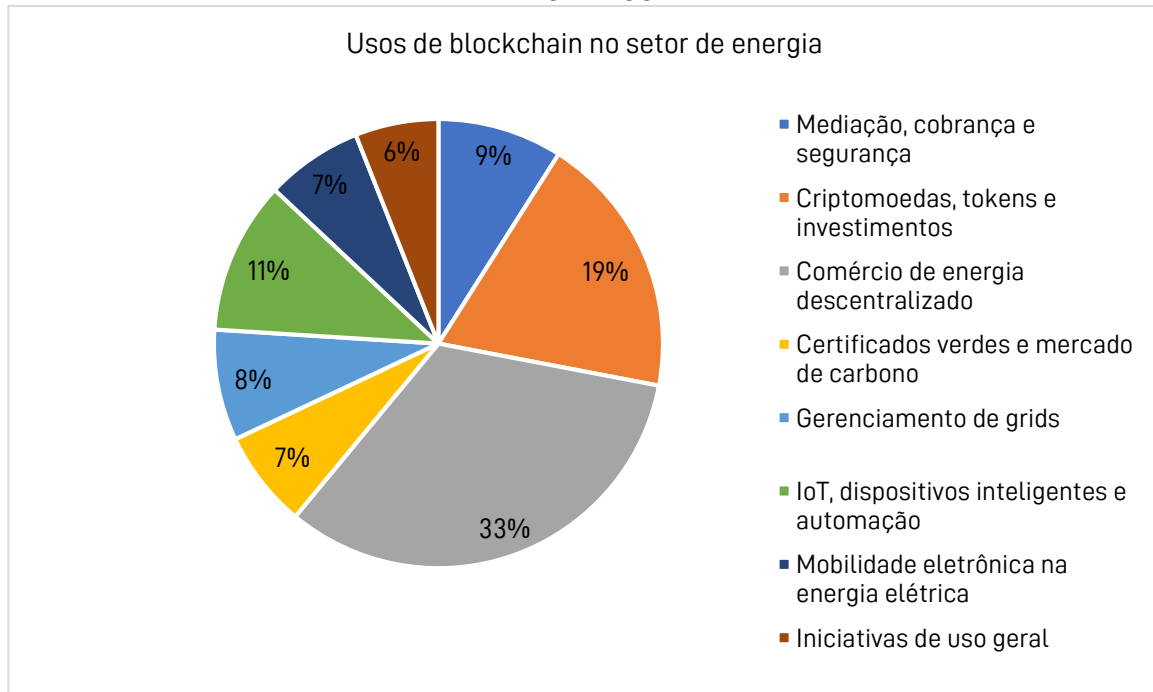
- reduzir custos;
- habilitar novos modelos de negócios;
- gerir melhor a complexidade do setor;
- gerar segurança de dados
- pode engajar o consumidor.

Fonte: Elaboração dos autores

A partir de um estudo de 140 iniciativas em casos de uso de blockchain no setor de energia, Andoni et al. (2019) apresentou uma classificação de acordo com os diversos campos de atividade em que foram aplicadas, em busca de projetos sendo realizadas por um grande número de empresas, startups e instituições de pesquisa (veja Gráfico 4).



**GRÁFICO 4**



Fonte: Andoni et al. (2019)

Outros estudos com aplicações de blockchain para a realização de transações no setor de certificados de energia renovável ou no rastreamento de energia fora identificados. Entre eles, Castellanos et al (2017) executa uma simulação do mercado de certificados de energia renovável por criptomoedas. Esta solução é uma seria uma alternativa para os "Guarantees of Origin" (GoO) na Europa, que são documentos eletrônicos que comprovam que uma quantidade de energia produzida é renovável. Um GoO é igual à 1 MWh. A European Energy Exchange, conjuntamente com a European Commodity Clearing (ECC) estabelece um mercado para a compra dos GoOs. Porém, este processo envolve custos: 1) taxa para ser membro da EEX, € 2,500/ano; (2) a taxa de transação da EEX € 0.006 por MWh; taxa de limpeza da ECC € 0.0025 por MWh; e (4) a taxa de entrega da EEC € 0.0002 MWh. Segundo o autor, a implementação do blockchain se torna uma alternativa para se driblar estes custos, permitindo pequenos produtores de energia participarem do mercado.

Tanaka, Nagakubo e Abe (2017) desenvolveram sistema baseado em blockchain para as transações de energia individuais. O sistema é uma tentativa de se

descentralizar o controle do sistema de transações. Isto seria interessante, pois é impossível controlar os atores por meio dos grids centralizados. Os autores propõem o "Digital Grid", com o objetivo de rastrear as transações de energia entre consumidores individuais. Os benefícios desta tecnologia são a maior eficiência energética e a rastreabilidade. Uma moeda digital que provém remunerações aos produtores de energia, independente das tarifas do sistema, são projetadas para atraí-los.

Mengelkamp et al. (2018), estudando o Brooklyn Microgrid (BMG) divide o mercado de microgrids de energia em sete componentes. O primeiro é o contexto do microgrid (C1), composto de um objetivo, uma definição dos participantes do mercado e da forma de energia transacionada. O segundo componente é a conexão do grid (C2), existindo a diferença entre os microgrids físicos e os virtuais. Os físicos consistem na distribuição de energia propriamente dita, e os virtuais são conexões via sistemas de informação entre os microgrids dos participantes. O sistema de informação é o terceiro componente (C3), que conecta os participantes, em uma plataforma de mercado, concedendo o acesso aos participantes e monitorando as operações, um sistema de blockchain pode preencher esses requisitos. A seguir, os mecanismos de mercado (C4) consolidam as alocações de mercado e as regras de pagamento. O mecanismo de precificação é o quinto componente (C5), que objetiva a alocação eficiente de oferta e demanda da energia. Ainda, há o sistema de gestão de transações de energia (C6), que assegura uma estratégia de lances aos participantes, tendo que em tempo real, acessar dados de ofertas e demanda dos atores, sua geração e consumo de energia. Por fim, a regulação (C7) determina como as microgrids serão integradas com a política de energia local.

O projeto Brooklyn Microgrid (BMG) pode ser dividido em duas partes: a construção de um microgrid físico, para prevenir oscilações de energia; e uma plataforma que contém um mercado comunitário virtual de energia elétrica, utilizando um blockchain privado, isto concede infraestrutura técnica para o mercado de energia local (MENGELKAMP et al., 2018). Os autores analisam o projeto baseado nos sete componentes descritos anteriormente.

Dos sete componentes, apenas a regulação (C7) não está presente (MENGELKAMP et al., 2018). A BMG ainda está conjuntamente trabalhando com a Con

Edison, empresa de energia responsável pela região, para construir um framework regulatório para o mercado peer-to-peer de energia baseado nos microgrid. Na perspectiva do contexto (C1), o BMG estreita laços com a comunidade e está aumentando a integração com as energias renováveis locais. Na conexão do grid (C2), o grid superior balanceia a demanda e oferta. O sistema da informação (C3) é a plataforma TransActive Grid, baseado em blockchain. O mecanismo de mercado (C4) é o leilão duplo. A precificação (C5) é determinada em cada intervalo de tempo, considerando oferta, demanda e características socioeconômicas. Por fim, no o sistema de gestão de transações de energia (C6) os participantes escolhem seu preço limite para a energia renovável.

Ainda no contexto dos microgrids, Mannaro, Pinna e Marchesi (2017) apresentam o Crypto-Trading, que objetiva a criação de um mercado de energia descentralizado, permitindo ao consumidor/produtor gerir sua energia e comercializar seu excesso. O projeto tem duas metas: 1) introduzir um sistema de transações no mercado europeu de energia, utilizando tokens e contratos inteligentes; 2) desenvolver uma plataforma de alocação ótima de criptomoedas. O Crypto-Trading ainda não foi implementado; porém, segundo os autores, algumas dificuldades que o projeto pode enfrentar são a imaturidade da tecnologia blockchain, questões de privacidade de usuários e a sustentabilidade do sistema.

Mihaylov et al. (2014) propõem uma moeda virtual, o NRGcoin, como uma forma de encorajar os produtores/consumidores a transacionarem energia renovável utilizando os smart grids. Informações sobre a energia produzida e consumida são enviadas ao Distribute Syetem Operator (DSO) em intervalos de 15 minutos. Esta informação é utilizada para indicar como os produtores serão remunerados e os consumidores cobrados. A energia produzida localmente é inserida no grid e o pagamento recebido em forma de NRGcoins. Consumidores pagam NRGcoins para o DSO de acordo com o uso de energia. As NRGcoins tem três características principais segundo os autores: (1) a energia renovável pode ser convertida em outra métrica, baseada em NRGcoins; (2) a moeda pode equivaler aos certificados de energia renovável; (3) a moeda não é regulada por nenhum banco ou autoridade central, nem ligada ao mercado de ações ou à demais moedas.

Imbault et al. (2017) explora a utilização de blockchain em um sistema de operação para o uso de certificados de energia renovável em um distrito eco-industrial. Além dos operadores de manutenção controlarem a produção e consumo de energia, eles poderão gerar ação de melhoria para a eficiência energética. Existem três versões de interface da plataforma: uma para o usuário comum, outra para o gestor do edifício ou administrador técnico; e uma versão para o gestor do eco-distrito. A primeira versão contém apenas informações simples sobre a energia limpa produzida ou consumida no prédio. A segunda versão oferece acesso aos certificados de energia obtidos pelo edifício e dados de monitoramento sobre o consumo de energia. A última versão é composta de todas as informações sobre o consumo e produção de energia dos edifícios do eco-distrito, bem como os certificados produzidos, comprados e vendidos.

Park, Lee e Chang (2018) constroem um ecossistema de transações de energia entre produtores/consumidores de energia e consumidores de smart homes. Segundo o autor, smart homes são residências equipadas com redes de alta tecnologia, sensores, e aparelhos domésticos que podem ser controlados remotamente acessados e controlados. No modelo proposto pelos autores, as aplicações de IoT coletam dados da balança de energia da casa e define a necessidade de compra ou venda de energia. Baseando-se nessa necessidade, um pedido de compra ou venda é publicado e enviado a outros participantes na plataforma. O participante que se interessa em participar da transação confirma o pedido. Assim a transação é validada e é gerado no bloco no blockchain. O preço da energia leva em conta seu domínio, as taxas de compra e venda e o protocolo de seleção.

A divisão em várias interfaces web diferentes para empresas, distribuidores e certificadoras de energia renovável na aplicação proposta é uma inspiração a partir de Imbault et al. (2017), que explora versões distintas de interface de plataforma dependendo do ator envolvido. A tokenização foi discutida nas aplicações de Mihaylov et al. (2014) Mannaro, Pinna e Marchesi (2017), Tanaka, Nagakubo e Abe (2017) e também está no modelo de aplicação proposto, como forma de contabilidade das emissões e seus cálculos de compensação, baseado nos certificados e na compra de energia limpa.

O uso e aplicação de tecnologias como solução para reduzir as emissões de gases de efeito estufa (GEE) tem sido frequentemente estudado. Logo, há um interesse crescente em usar o blockchain como uma tecnologia central pelo potencial disruptivo e capacidade de remodelar o sistema elétrico (Buth, Wieczorek & Verbong, 2019). O Blockchain oferece uma maneira descentralizada, segura e inviolável de registrar documentos e informações em um ledger digital (Atzori, 2015). Nesse contexto, as potenciais aplicações dessa tecnologia estão direcionando pesquisas que também estão relacionadas ao sistema elétrico, como estudos relacionados à Mercados Locais de Energia (LEMs) (Buth, Wieczorek & Verbong, 2019), onde os indivíduos atuam como prosumers consumindo, gerando e vendendo a energia que produzem e no uso do blockchain no Sistema de Comércio de Energia da União Europeia (EU ETS) para eliminar a fraude fiscal (Liss, 2018).

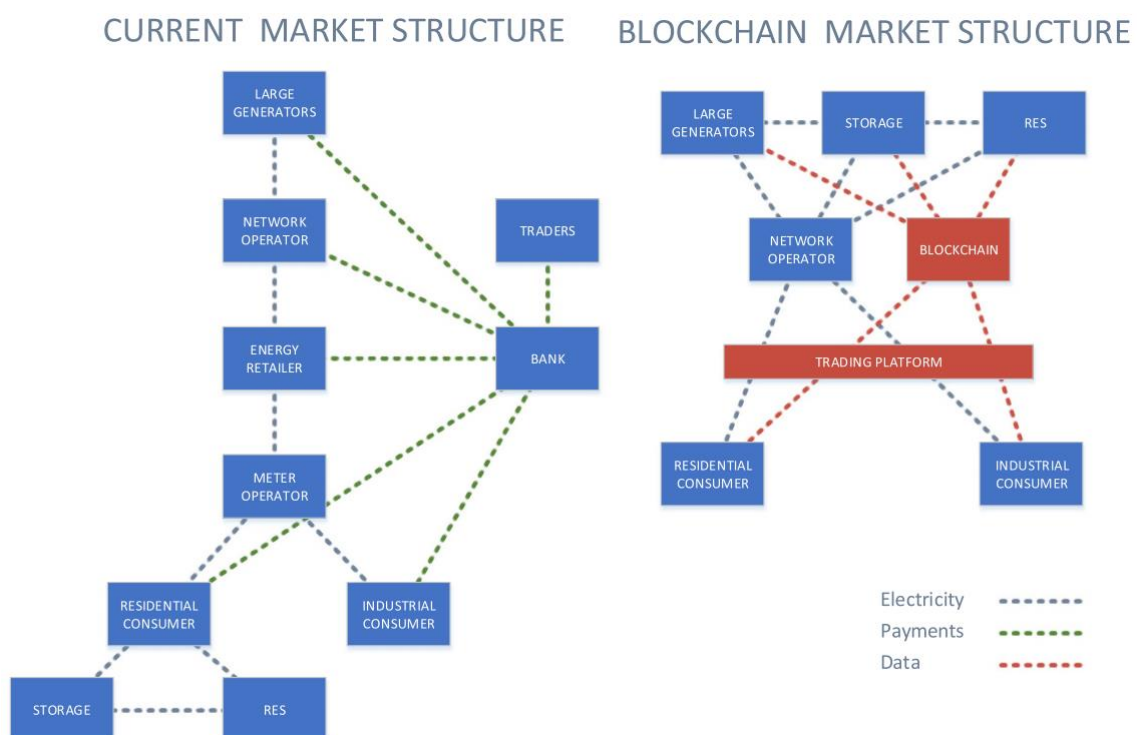
Estes casos de aplicações de blockchain no campo da energia fornecem repertórios para se pensar possíveis soluções e aplicações no setor. Andoni et al. (2019) indica que o blockchain pode trazer vantagens aos mercados, consumidores, e operações dos sistemas de energia, controlando intermediários, aumentando a transparência, e empoderando os consumidores e pequenos produtores de energia. O autor também modela como o mercado de energia se transformaria devido às aplicações de blockchain baseado em um relatório da PwC (2016).

Estas possíveis transformações no mercado de energia que o blockchain pode trazer assim já foram documentadas por Andoni et al. (2019). O autor aponta três principais mudanças. A primeira é que o blockchain pode aumentar a magnitude do número de transações possíveis em relação à métodos convencionais de pagamentos eletrônicos. A segunda é que, como as estruturas de mercado do setor de energia serão desafiadas em um curto espaço de tempo, muitos projetos de blockchain se focariam em apenas na parte do mercado que julgam ser mais facilmente implementável. E por fim, os contratos inteligentes baseados em blockchain poderão habilitar o rastreamento da produção e consumo, garantindo pagamentos em tempo real. A Figura 5 ilustra estas mudanças no setor. Nela é possível identificar a inserção de plataformas de transações, habilitadas por blockchain, entre os atores, em detrimento de um menor papel de

distribuidoras de energia e operadoras de medição, encurtando os laços entre os consumidores e produtores de energia.

**FIGURA 5**

**Mudanças no mercado de energia**



Fonte: Andoni et al. (2019), baseado em PwC (2016).

**Abordagem metodológica**

Com o objetivo de facilitar o relato das empresas e favorecer a escolha de energias renováveis, foi elaborado um roteiro de pesquisa para identificar os principais problemas da atual plataforma do PBGHGP. Constatou-se que existem desafios para rastrear a energia renovável desde a geração até o consumo. Para as empresas isso resulta em um processo longo, intensivo em trabalho, em grande parte manual e com diversas etapas entre relato e auditorias.

**Para as empresas entrevistadas, a dificuldades no rastreio da energia renovável torna a declaração do escopo 2:**

- Um processo longo;
- Um trabalho intensivo;
- Uma atividade em grande parte manual;
- Uma tarefa com inúmeras etapas entre relato e auditorias.

Fonte: Elaboração dos autores

Para melhor entender os processos envolvidos na declaração era preciso ouvir as empresas e suas experiências no relato do escopo 2. O FGVces concedeu aos pesquisadores o contato das 10 empresas, que conseguiram ou tentaram relatar o escopo 2, na modalidade escolha de compra, no Programa Brasileiro GHG Protocol. Destas, 6 empresas foram entrevistadas, sendo que 5 conseguiram completar o relato do Escopo 2 com sucesso e uma tentou, mas não conseguiu. Não foi possível o contato com as quatro demais empresas listadas. Também foi entrevistado o Instituto Totum, empresa certificadora de energias renováveis.

#### **Entrevistas com 7 instituições:**

- ❖ **6 empresas declarantes do escopo2:**
  - 5 declararam com sucesso;
  - 1 não conseguiu declarar.
- ❖ **1 certificadora de RECs.**

Fonte: Elaboração dos autores

Os resultados das entrevistas mostraram que as empresas participam do Programa por se preocuparem com o meio ambiente e desejarem ser transparentes em relação às suas emissões. Devido às peculiaridades do protocolo os treinamentos oferecidos pelo

FGVces foram essenciais para que pudessem participar e obter o domínio técnico necessário ao preenchimento do inventário. De acordo com as empresas entrevistadas, este preenchimento pode ser realizado diretamente por um departamento de sustentabilidade que centraliza e consolida as informações, quanto de forma mais descentralizada, por uma planta de fábrica, por exemplo.

O Protocolo é utilizado como forma de avaliação das emissões da empresa, servindo de base para o planejamento da organização, auxiliando na definição de metas de redução e apontando áreas críticas. Além disso ele é um registro reconhecido que pode ser apresentado aos stakeholders.

Nas entrevistas foram mencionadas dificuldades das empresas no preenchimento do inventário, todas recorrem aos treinamentos do FGVces e diversas contratam auditorias para validar seus dados e garantir o preenchimento adequado. Algumas organizações comentaram que existe um desafio de se consolidar a grande quantidade de informações, principalmente em organizações que possuem diversas plantas ou subsidiárias. A contratação de auditorias tem grande custo e demanda tempo.

As entrevistas foram essenciais para compreender o contexto do Programa Brasileiro GHG Protocol e sua utilização. A partir delas foi possível identificar o funcionamento interno do protocolo em seus três escopos e as consequências do trabalho da equipe do FGVces para a organização das informações produzidas pelas empresas. Assim, definiu-se alguns problemas relativos ao protocolo que poderiam ou não ser mitigados com a utilização do blockchain. A partir destas informações a equipe de pesquisa discutiu como criar um modelo de utilização do blockchain para este caso, apresentado a seguir.

### **Proposição de um modelo de uso de blockchain junto ao GHG Protocol no Brasil**

Apoiados em estudos acadêmicos e de mercado sobre implantação de plataformas baseadas em blockchain, este estudo culminou com a proposição de um modelo conceitual (ver desenho no anexo 1) apresentando uma possível solução para melhorar a eficiência no preenchimento dos inventários do GHG Protocol no nível do escopo 2.



Considerando o escopo do estudo e o tempo disponível para sua realização, não seria possível chegar ao desenvolvimento do MVP (Mínimo Produto Viável, ou protótipo), entretanto, o trabalho realizado até aqui pode ser um ponto de partida para o possível desenvolvimento desta primeira implementação envolvendo os múltiplos processos e diversos atores envolvidos na produção de inventário do Escopo 2. A primeira apresentação pública deste estudo, com a explicação do modelo conceitual produzido foi feita no Evento Anual do Programa Brasileiro GHG, em 15 de agosto de 2019.

Em termos conceituais, a escolha do blockchain como solução mostrou-se viável para automatizar várias etapas dos processos relacionados ao GHG Protocol. A concepção proposta considerou a aplicação de contratos inteligentes, passíveis de serem implementados a partir de tecnologias já estabelecidas no segmento de blockchain, como Hyperledger Network.

Como base teórica e metodológica usadas neste estudo para propor melhorias ao Programa Brasileiro GHG Protocol foi o Design Science Research (HEVNER et al., 2004). Esta abordagem permitiu a organização do estudo, desde a fase de levantamento de dados e identificação de problemas até a proposição de um artefato conceitual que pudesse exprimir uma solução com uso de blockchain para aperfeiçoar o processo existente de contabilização das emissões de carbono.

Da perspectiva das empresas que realizam os inventários, o sistema funcionaria em cinco etapas. A primeira etapa é o cadastro da empresa da plataforma, em que cada organização tem um login e senha para acessar o sistema. A partir de uma interface web, as emissões das empresas poderão ser declaradas baseado nos três escopos já existentes do Programa Brasileiro GHG Protocol. Após enviar os dados, a plataforma irá realizar uma primeira verificação da consistência das informações, baseado em parâmetros de qualidade estabelecidos previamente pelo FGVces. Depois, também ocorre uma segunda verificação FGVces; e caso a declaração seja validada, ela será publicada no Registro Público de Emissões.

Mas não são apenas empresas que poderão se cadastrar na plataforma. Certificadoras de energia renovável, e, distribuidoras/revendedoras de energia que operam Contratos de Compra e Venda de Energia Elétrica no Ambiente de Contratação

Livre (CCEAL) poderão participar da plataforma. Os registros de REC's e CCEAL são tokenizados, isto é, são transformados em pontuações ou moedas, que são utilizadas na contabilização do inventário, especialmente no Escopo 2 na modalidade escolha de compra. Isso permite uma confiabilidade maior nos cálculos das emissões, evitando dupla contagens.

Nesse caso, o modelo de blockchain facilitaria o processo de geração de relatórios, funciona como ponto de partida para passar de um processo de reporte de relatórios manual para um mais automatizado, melhora o rastreamento de informações e elimina os problemas identificados, como valores conflitantes em tabelas e venda dupla, que consiste na emissão de certificados de energia renovável em vários mercados e pode oferecer modelos para data science, pois como observado nas entrevistas, o relatório é utilizado para tomar decisões sobre redução de emissões e compra de energia elétrica e certificados de energia renovável (RECs).

Acredita-se também que, uma vez implementado, este modelo de plataforma auxilie as empresas no planejamento de sua estratégia de sustentabilidade. Como observado nas entrevistas, além da simplificação e automação do processo de preenchimento do inventário, este sistema permitiria consequente redução de custos para contabilização das emissões. A possibilidade das empresas checarem a consistência dos dados disponibilizados para o inventário produziria diagnóstico mais preciso de suas emissões, reduzindo a necessidade de vários ciclos de revisões manuais realizadas por membros internos da empresas ou auditorias. Além disso, outra consequência positiva da redução de custos do preenchimento do inventário seria a atração de novas empresas participantes no Programa Brasileiro GHG Protocol, colaborando para o controle mais eficiente da pegada de carbono no país.

### **Oportunidades para evolução**

Como a declaração de emissões de GEE no Brasil é opcional, as organizações que estão relatando estão em geral preocupadas com a sustentabilidade e a transparência com as partes interessadas. Além disso, como é necessário coletar uma grande quantidade de dados para produzir o relatório, algumas organizações estão conseguindo

traduzir esse esforço de coleta para melhorar a gestão, utilizando esses dados para, como por exemplo, planejar sua redução de emissões de GEE, e verificar se estão obtendo sucesso nesse objetivo. O fornecimento de modelos de apoio à decisão para as organizações analisarem seus dados pode contribuir para tomadas de decisão mais inteligentes e permitindo desenvolvimento de estratégias progressivas para alcançar objetivos organizacionais de sustentabilidade, incentivando mais organizações a relatar suas emissões. A expansão desse modelo necessariamente deveria contemplar novos estudos que ajudem a incorporar os Escopos 1 e 3 em novas propostas.

A proposta resultante do estudo apresentada neste relatório mostrou-se alinhada com a literatura, bem como as características específicas do artefato que tiveram inspiração direta as aplicações encontradas. Assim, como na simulação apresentada por Castellanos et al (2017) sobre certificados de energia renovável, esperamos que a implantação concreta de um sistema que acompanhe as especificações do modelo apresentado possa aumentar a transparência e empoderar consumidores de produtos finais, ajudando-os a identificar as empresas que mais se preocupam com o meio ambiente de forma clara.

Este trabalho teve como objetivo a modelagem inicial de uma solução utilizando blockchain aplicada no Programa Brasileiro GHG Protocol (PBGHGP). Foi escolhido o rastreamento de energia elétrica como foco da proposta. Para isso, foram realizadas entrevistas semiestruturadas com empresas participantes que relataram o escopo 2 como escolha de compra do Protocolo. Os resultados das investigações com as empresas, bem como a descrição do modelo de solução são descritas no estudo. Este estudo abre condições para investigações futuras nas implicações do uso de blockchain mercado do setor de energia, além das consequências da utilização de melhores ferramentas de apoio à decisão no campo das energias renováveis.

## Referências Bibliográficas

ANDONI, Merlinda et al. Blockchain technology in the energy sector: A systematic review of challenges and opportunities. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 100, February 2019, Pages 143-174. 2019.

ATZORI, M. Blockchain technology and decentralized governance: Is the state still necessary?. Available at SSRN 2709713, 2015.

BUTH, A. M. C.; WIECZOREK, A. J. A.; VERBONG, G. G. P. J. The promise of peer-to-peer trading? The potential impact of blockchain on the actor configuration in the Dutch electricity system. *Energy Research & Social Science*, v. 53, p. 194-205, 2019.

CASINO, Fran.; DASAKLIS, Thomas. K.; PATSAKIS, Constantinos. A systematic literature review of blockchain-based applications: current status, classification and open issues. *Telematics and Informatics*. doi:10.1016/j.tele.2018.11.006. 2018.

CASTELLANOS, Alejandro F.; COLL-MAYOR, Debora; NOTHOLT, José Antonio. Cryptocurrency as guarantees of origin: Simulating a green certificate market with the Ethereum Blockchain. 2017 IEEE International Conference on Smart Energy Grid Engineering (SEGE). doi:10.1109/sege.2017.8052827, 2017.

CENTRO DE ESTUDOS EM SUSTENTABILIDADE. Contabilização, Quantificação e Publicação de Inventários Corporativos de Emissões de Gases de Efeito Estufa. Segunda Edição. 2008. Disponível em: < [http://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/handle/10438/15413?locale-attribute=pt\\_BR](http://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/handle/10438/15413?locale-attribute=pt_BR)>. Acesso em: 30/08/2019.

DINIZ, Eduardo D.; SIQUEIRA, Erica S.; HECK, Eric van. Taxonomy of digital community currency platforms, *Information Technology for Development*, 25:1, 69-91, DOI: 10.1080/02681102.2018.1485005. 2019.

EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Relatório Final do Balanço Energético Nacional de 2018: ano base 2018. 2017. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2018>>. Acesso em: 11 set. 2019.

EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Relatório Síntese do Balanço Energético Nacional de 2019: ano base 2018. 2019. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2019>>. Acesso em: 11 set. 2019.

HEVNER et al. Design science in information systems research. *MIS Quarterly*, v. 28, n. 1, p. 75-105, 2004.

IMBAULT, Fabien et al. The green blockchain: Managing decentralized energy production and consumption. 2017 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2017 IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe (EEEIC / I&CPS Europe).doi:10.1109/eeeic.2017.7977613. 2017.

LISS, F. Blockchain and the EU ETS: An architecture and a prototype of a decentralized emission trading system based on smart contracts. 2018. Dissertação de Mestrado, Fakultät für Informatik der Technischen Universität München, Munique, Alemanha.

LUCIANO, Romulo. Aplicação da Smart Contract nos Contratos de Gás Natural: Uma Análise Exploratória. *RAC*, Rio de Janeiro, v. 22, n. 6, art. 5, pp. 903-921, novembro/dezembro, 2018.

MANNARO, Katiuscia; PINNA, Andrea; MARCHESI, Michele. Crypto-trading: Blockchain-oriented energy market. 2017 AEIT International Annual Conference.doi:10.23919/aeit.2017.8240547. 2017.

MENGELKAMP, Esther et al. Designing microgrid energy markets. *Applied Energy*, 210, 870-880. doi:10.1016/j.apenergy.2017.06.054. 2018.

MIHAYLOV, Mihail et al. NRGcoin: Virtual currency for trading of renewable energy in smart grids. 11th International Conference on the European Energy Market (EEM14).doi:10.1109/eem.2014.6861213. 2014.

NAKAMOTO, Satoshi. (2008). Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system. Consulted 1(2012) 28.

ØLNES, Svein; UBACHT, Jolien.; JANSSEN, Marjin. Blockchain in government: Benefits and implications of distributed ledger technology for information sharing. *Government Information Quarterly*, 34, pp. 355-364. 2017.

PAIVA, Ranulfo et al. Tecnologia Blockchain: inovação em Pagamentos por Serviços Ambientais. *Estudos Avançados* 33 (95), 2019.

PATIL, Akash et al.. A Framework for Blockchain Based Secure Smart Green House Farming. *Lecture Notes in Electrical Engineering*, 1162-1167. doi:10.1007/978-981-10-7605-3\_185. 2017.

PARK, Lee W.; LEE, Sanghoon; CHANG, Hangbae. A Sustainable Home Energy Prosumer-Chain Methodology with Energy Tags over the Blockchain. *Sustainability* 2018, 10(3), 658; <https://doi.org/10.3390/su10030658>. 2018.

PROGRAMA BRASILEIRO GHG PROTOCOL. Emissões históricas do Programa Brasileiro GHG Protocol. Disponível em: <<https://www.registropublicodeemissoes.com.br/estatisticas/emissoes-historicas>>. Acesso em: 02 de out. de 2019.

RODRIGES, Dênis et al. Benefícios do Blockchain para Moedas Sociais Digitais. Twenty-fourth Americas Conference on Information Systems, New Orleans, 2018.

SWAN, Malaine. *Blockchain: Blueprint for a New Economy*. " O'Reilly Media, Inc."; 2015

TANAKA, Kenji; NAGAKUBO, Kosuke; ABE, Rikiya. Blockchain-based electricity trading with Digitalgrid router. 2017 IEEE International Conference on Consumer Electronics - Taiwan (ICCE-TW). doi:10.1109/icce-china.2017.7991065, 2017.

TSENG, Jen-Hung et al. Governance on the Drug Supply Chain via Gcoin Blockchain. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2018, 15, 1055; doi:10.3390/ijerph15061055. 2018

ZHENG, Zibin et al. An Overview of Blockchain Technology: Architecture, Consensus, and Future Trends. 2017 IEEE International Congress on Big Data (BigData Congress).doi:10.1109/bigdatacongress. 2017.

**Anexo: O Artefato de TI proposto, baseado em blockchain**

