UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

ESCOLA DE QUÍMICA

PAULA AGUIAR DE OLIVEIRA

O PROCESSO DE CONSTRUÇÃO DO MIX DE POLÍTICAS DE INCENTIVO AO ETANOL DE SEGUNDA GERAÇÃO: UM ESTUDO DE CASO DOS EUA

RIO DE JANEIRO

SETEMBRO DE 2018

PAULA AGUIAR DE OLIVEIRA

O PROCESSO DE CONSTRUÇÃO DO MIX DE POLÍTICAS DE INCENTIVO AO ETANOL DE SEGUNDA GERAÇÃO: UM ESTUDO DE CASO DOS EUA

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Processos Químicos e Bioquímicos, Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ciências.

Orientadores:

Professor: Fábio de Almeida Oroski, D.Sc

Professora: Flávia Chaves Alves, D. Sc

Rio de Janeiro

2018

FOLHA DE APROVAÇÃO

O PROCESSO DE CONSTRUÇÃO DO MIX DE POLÍTICAS DE INCENTIVO AO ETANOL DE SEGUNDA GERAÇÃO: UM ESTUDO DE CASO DOS EUA

PAULA AGUIAR DE OLIVEIRA

PESQUISA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO APRESENTADA AO CORPO DOCENTE DO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA DE PROCESSOS QUÍMICOS E BIOQUÍMICOS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS.

Rio de Janeiro, 05 de Setembro de 2018.

Aprovada por:

_____

Prof. Fábio de Almeida Oroski, D.Sc. – Orientador, Escola de Química/UFRJ

_____

Profª. Flávia Chaves Alves, D.Sc. – Orientadora, Escola de Química/UFRJ

_____

Prof. José Vitor Bomtempo Martins, D.Sc. – Escola de Química/UFRJ

_____

Profª. Maria Alice Zarur Coelho, D.Sc. – Escola de Química/UFRJ

_____

Prof. Marcelo Colomer Ferraro, D.Sc. – Instituto de Economia/UFRJ

Rio de Janeiro, RJ – Brasil
2018

FICHA CATALOGRÁFICA

O48p Oliveira, Paula Aguiar de.

O Processo de Construção do Mix de Políticas de Incentivo ao Etanol de Segunda Geração: Um Estudo de Caso dos EUA/ Paula Aguiar de Oliveira. - Rio de Janeiro, 2018.
156f. :il.

Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, Rio de Janeiro, 2018.

Orientadores: Fábio de Almeida Oroski e Flávia Alves.

1. Etanol 2G. 2. Políticas Públicas. 3. Biocombustível. 4. Energia. I. Oroski, Fábio de Almeida. (Orient.). II. Alves, Flávia Chaves. (Orient.). III. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Programa em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos, Escola de Química. IV. O Processo de Construção do Mix de Políticas de Incentivo ao Etanol de Segunda Geração: Um Estudo de Caso dos EUA.

Dedico este trabalho aos meus pais, Lady e Olavo, que não mediram esforços para que eu chegasse até aqui. Vocês são os meus maiores exemplos de vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus orientadores, Professor Fábio Oroski e Professora Flávia Alves, pela presteza, por todo suporte, profissionalismo e principalmente paciência, prestados a mim para elaboração deste trabalho.

Aos meus pais pelo apoio incondicional, pelas palavras de conforto nos momentos difíceis e pelos incentivos sempre. O amor de vocês, a ajuda e a confiança, foram essenciais para a conclusão deste trabalho e o encerramento de mais essa etapa da minha vida. Nenhuma conquista seria possível sem a participação de vocês.

A minha irmã, Flávia; e a minha florzinha, Laís, que em muitos finais de semana me proporcionou seu carinho e seu sorriso gostoso fazendo eu até me esquecer das minhas ansiedades e angústias. Dedico a vocês este meu trabalho e todo meu amor e carinho.

À grande amiga Kamila, a quem muitas vezes compartilhei momentos de tristezas, alegrias, angústias e ansiedade, e que sempre esteve ao meu lado me apoiando e me ajudando.

Ao meu querido Carlos, por todo companheirismo, pelos momentos de descontração proporcionados e pela alegria que é estar junto a você. Meu muito obrigada!

RESUMO

OLIVEIRA, Paula Aguiar**. O PROCESSO DE CONSTRUÇÃO DO MIX DE POLÍTICAS DE INCENTIVO AO ETANOL DE SEGUNDA GERAÇÃO: UM ESTUDO DE CASO DOS EUA.** Orientadores: Fábio de Almeida Oroski e Flávia Alves: Rio de Janeiro: UFRJ / Escola de Química, 2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos).

Muitos países têm demonstrado interesse crescente no fomento de ações para que as fontes renováveis tenham participação significativa em suas matrizes energéticas. Diante desse cenário, o Etanol 2G tem um papel importante por se apresentar como uma tecnologia capaz de contribuir na superação dos desafios energéticos e ambientais internacionais atuais. Contudo, dado que o seu processo de desenvolvimento ainda é incipiente, a produção e o consumo de Etanol 2G requerem a implementação de instrumentos de políticas públicas que apoiem continuamente as atividades de pesquisa e desenvolvimento, bem como acelerem os investimentos em novas plantas comerciais e sejam capazes de estruturar tanto a oferta quanto a demanda. Este trabalho, portanto, buscou compreender a construção do mix de políticas de incentivo ao Etanol 2G nos Estados Unidos, procurando analisar como esse conjunto de políticas se caracteriza quanto à coerência e à consistência políticas e sua abrangência em relação à matéria-prima, tecnologia, tipos de atores, instrumentos políticos e *drivers* políticos. A metodologia utilizada no trabalho consistiu na busca das principais políticas norte-americanas de incentivo aos biocombustíveis, sobretudo o Etanol 2G, no período de 2000 a 2016, e na elaboração de um quadro com as principais variáveis de análise, segundo a leitura e interpretação dos documentos de cada uma das políticas. Pela análise, observou-se a presença de instrumentos variados de oferta e demanda, o incentivo à participação de diferentes atores, ao desenvolvimento de diferentes estágios da cadeia produtiva, entre outros. As políticas analisadas, a princípio, não limitaram o desenvolvimento na direção de uma matéria-prima ou tecnologia, sugerindo um enriquecimento do processo de inovação e desenvolvimento do Etanol 2G. Além disso, verificou-se que algumas alterações políticas do conjunto foram propostas pelos processos de conversão ou substituição. E, de maneira geral as políticas se apresentaram coerentes e consistentes, apesar dos momentos contraditórios e das falhas que existiram, mais, talvez, como uma característica natural de todo o processo de construção de um mix de políticas.

Palavras-chave: Etanol 2G, Políticas Públicas, Biocombustível, Energia.

ABSTRACT

OLIVEIRA, Paula Aguiar**. O PROCESSO DE CONSTRUÇÃO DO MIX DE POLÍTICAS DE INCENTIVO AO ETANOL DE SEGUNDA GERAÇÃO: UM ESTUDO DE CASO DOS EUA.** Orientadores: Fábio de Almeida Oroski e Flávia Alves: Rio de Janeiro: UFRJ / Escola de Química, 2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos).

Many countries have shown increased interest in promoting actions for renewable sources to have a significant stake in their energy matrix. Given this scenario, 2G Ethanol plays an important role in presenting itself as a technology capable of contributing to overcome the current international energy and environmental challenges. However, since its development process is still in its infancy, the production and consumption of 2G Ethanol requires the implementation of public policy instruments that continuously support research and development activities, as well as accelerate investment in new commercial plants and capable of structuring both supply and demand. This work, therefore, sought to understand the construction of the mix of 2G ethanol policy in the United States, trying to analyze how this set of policies is characterized by political consistency and consistency and its extent to raw material, technology, types of actors, political instruments and political drivers. The methodology used in the study consisted in the search for the main US policies to encourage biofuels, especially the 2G Ethanol, from 2000 to 2016, and the elaboration of a table with the main variables of analysis, according to the reading and interpretation of the documents of each policy. The analysis revealed the presence of varied instruments of supply and demand, the encouragement of the participation of different players, the development of different stages of the production chain, among others. The policies analyzed, in principle, did not limit development towards a raw material or technology, suggesting an enrichment of the process of innovation and development of 2G Ethanol. In addition, it was found that some political changes of the set were proposed by the conversion or substitution processes. And in general policies have been coherent and consistent, despite the contradictory moments and failures that existed, more perhaps as a natural feature of the whole process of building a policy mix.

Keywords: 2G Ethanol, Public Policies, Biofuel, Energy

ÍNDICE

INTRODUÇÃO 14
1.1. Contextualização 14
1.2. Objetivo 18
1.3. Estrutura do trabalho 19
O AVANÇO DO ETANOL 2G 20
2.1. O Etanol 2G 20
2.1.1. Estímulo à produção de Etanol 2G 22
2.1.2. Matérias-primas 26
2.1.3. Principais rotas de conversão 27
2.2. Os desafios do Etanol 2G 32
2.3. Considerações finais 34
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 35
3.1. Políticas e seus instrumentos 35
3.1.1. Os tipos de instrumentos políticos 35
3.1.2. As combinações de políticas 39
3.2. Considerações finais 44
O ETANOL 2G NOS EUA E SUAS POLÍTICAS 46
4.1. Metodologia 46
4.1.1. As variáveis de análise 49
4.2. As políticas de incentivo ao Etanol 2G dos EUA 60
4.3. Considerações finais 77
RESULTADOS E DISCUSSÃO 78
5.1. Análise cronológica das políticas e suas variáveis 78
5.1.1. A temporalidade dos *drivers* políticos 79
5.1.2. A temporalidade dos instrumentos políticos 82
5.1.3. A temporalidade das matérias-primas e tecnologias 86
5.1.4. A temporalidade do estágio na cadeia de valor 89
5.1.5 A temporalidade do foco da política 91
5.1.6. A temporalidade dos tipos de atores 93
5.1.7. A temporalidade das agências envolvidas 94

5.2. Uma percepção geral das políticas analisadas 96
CONCLUSÃO 99
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 102
APÊNDICE 1 – FICHAS DAS POLÍTICAS 113
APÊNDICE 2 – ARTIGO (REVISTA – Renewable Sustainable Energy Review) 143

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Tipologia dos instrumentos políticos de incentivo às fontes renováveis.....36

Figura 2. Instrumentos políticos de apoio a oferta e a demanda para produtos de fonte renovável.....37

Figura 3. Dimensões da coerência política.....43

Figura 4. Página de busca da base de dados utilizada para a pesquisa.....47

Figura 5. Participação na capacidade instalada de Etanol 2G.....48

Figura 6. Proposta de nomenclatura para identificação dos instrumentos políticos nas políticas selecionadas.....52

Figura 7. Esquema simplificado da subordinação entre os principais agentes federais.56

Figura 8. Esquema simplificado da cadeia de valor do Etanol 2G.....58

Figura 9. Políticas de incentivo aos biocombustíveis que abordavam o Etanol 2G dispostas em ordem cronológica..... 79

Figura 10. Diagrama dos *drivers* políticos de cada uma das políticas selecionadas.....80

Figura 11. Diagrama dos instrumentos políticos de cada uma das políticas selecionadas.....83

Figura 12. Diagrama das matérias-primas e tecnologias de cada uma das políticas selecionadas.....87

Figura 13. Diagrama do estágio da cadeia de valor estimulado por cada uma das políticas selecionadas.....90

Figura 14. Diagrama do foco dado por cada uma das políticas selecionadas..... 92

Figura 15. Diagrama dos tipos de atores beneficiados por cada uma das políticas..... 94

Figura 16. Diagrama das agências envolvidas em cada uma das políticas.....95

Figura 17. Especificidade da política em relação ao Etanol 2G..... 97

Figura A1. Volume de combustível renovável que se espera atingir até 2022.....123

Figura A2. Projetos beneficiados pela ARRA.....137

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Quadros

Quadro 1. O Etanol 2G como resposta a alguns questionamentos a respeito da produção de Etanol 1G..... 26

Quadro 2. Principais desafios que precisam ser superados para produção do Etanol 2G em larga escala..... 33

Quadro 3. Características dos instrumentos políticos.....51

Quadro 4. Classificação do *driver* político utilizado no trabalho..... 54

Quadro 5. Variáveis analisadas e suas respectivas importâncias para a análise..... 60

Tabelas

Tabela 1. Políticas norte-americanas de incentivo ao Etanol 2G e algumas das variáveis que fazem parte da análise (Parte I).....64

Tabela 2. Políticas norte-americanas de incentivo ao Etanol 2G e algumas das variáveis que fazem parte da análise (Parte II).....72

Tabela A1. Volumes aplicáveis de combustível celulósico.....128

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
CEA	Council of Economic Advisors
CTBE	Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol
DoD	U.S. Department of Defense
DoE	U.S. Department of Energy
EIA	U.S. Energy Information Administration
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EPA	U.S. Environmental Protection Agency
EUA	Estados Unidos da América
GEE	Gases do Efeito Estufa
GPO	U.S. Government Publishing Office
IEA	International Energy Agency
IRENA	International Renewable Energy Agency
IRS	Internal Revenue Service
MTBE	Éter Metil Terc-Butílico
NEC	National Economic Council
NREL	National Renewable Energy Laboratory
OCDE	Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
REN21	Renewable Energy Policy Network for the 21st Century
RFA	Renewable Fuels Association
RFS	Renewable Fuel Standard
UNCTAD	Conferência das Nações Unidas sobre Comércio e Desenvolvimento
USDA	U.S. Department of Agriculture

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

O crescente aumento da população e o intenso processo de globalização têm impactado de forma significativa a produção e o consumo de combustíveis, que se expandem continuamente. Os combustíveis fósseis ainda são os principais responsáveis por suprir a demanda energética mundial, seguidos da energia nuclear, dos biocombustíveis e das fontes hídricas (EIA, 2015). Segundo Yujie Su *et al.* (2015), o consumo global de energia primária apresentou um aumento expressivo nos últimos anos, com consequente aumento da exploração das reservas mundiais de petróleo. Entretanto, é evidente também o crescente aumento de interesse dos países em investir nas fontes alternativas e renováveis de energia.

1.1. Contextualização

Atualmente, grande parte dos países, sejam desenvolvidos ou em desenvolvimento, tem demonstrado interesse no fomento de ações para que as energias renováveis alternativas tenham participação significativa em suas matrizes energéticas. O impulso para essa transformação vem da necessidade de reduzir o uso dos derivados de petróleo e, por conseguinte, a dependência desses países em relação aos países exportadores do mesmo. Além disso, a crescente preocupação com as possíveis consequências das mudanças climáticas e as evidências da relação entre estas e o uso de combustíveis fósseis, reforçam o interesse dos países em ampliar a participação das fontes renováveis de energia (SILVA, 2015).

Os combustíveis de origem fóssil dominaram e ainda dominam o setor de transportes mundial. A maioria dos meios de transporte é movida a gasolina ou óleo diesel, os postos de abastecimento de combustíveis são popularmente conhecidos como “postos de gasolina”, sem falar nos oleodutos que cortam diversos países. Diante disso, há de se supor que a introdução de novas fontes de energia renováveis, como os biocombustíveis, provoque mudanças significativas em toda a estrutura já consolidada para que possam ser utilizadas.

É nesse contexto, portanto, que se inserem os biocombustíveis – combustíveis produzidos a partir da biomassa[1].O Etanol Tradicional ou Etanol de 1ª Geração (1G), produzido por tecnologia de primeira geração[2], é o biocombustível mais produzido no mundo. Segundo dados da Agência Internacional de Energia (IEA, 2015), o que se espera é que a produção de Etanol 1G mais que dobre nos próximos anos.

É, portanto, um biocombustível já produzido em escala comercial e que contribui de maneira significativa para atender a demanda global de energia. Entretanto, a sua produção vem enfrentando alguns problemas. Assim, mesmo já consolidada tecnologicamente e comercialmente, a produção ainda enfrenta desafios, sobretudo aqueles relacionados à matéria-prima. (GRIFFIN *et al.* 2016).

Além disso, tem-se ainda o fato de as tecnologias de primeira geração estarem em um nível de desenvolvimento considerado maduro, restringindo as possibilidades de grandes inovações que possam aumentar o ganho de produtividade do setor (BHUTTO *et al.*, 2015; UNCTAD, 2014). Assim, problemas como a estagnação da produtividade na produção de biomassa/Etanol 1G, a necessidade de expansão da lavoura e a ocorrência de desmatamento são alguns dos fatores que fazem com que haja um interesse cada vez maior sobre o etanol de segunda geração (2G).

Diante desse cenário, o Etanol de 2ª Geração (2G) parece ter um papel fundamental, sendo possivelmente capaz de solucionar esses problemas. O Etanol 2G, também conhecido como Etanol Lignocelulósico ou Celulósico, é produzido a partir de biomassa lignocelulósica[3] e, apresenta como uma de suas características a necessidade de utilização de tecnologias inovadoras no seu processo de produção. A aplicação dessas novas tecnologias e, por conseguinte, as inovações de processos industriais desse biocombustível, podem acarretar profundas transformações em diversos setores, como o setor agrícola, o setor de transportes e o de energia, causando, por exemplo, impactos na competição do mercado de biocombustíveis no futuro. Dessa forma, a busca por novos processos de produção, relacionados com a introdução de diferentes tecnologias de base química, bioquímica e termoquímica, capazes de processar a biomassa lignocelulósica

[1]A biomassa é toda matéria orgânica, podendo ser originada em culturas de cana e milho, por exemplo, ou nos resíduos sólidos – animais, vegetais, industriais e florestais. É, portanto, considerada uma fonte de energia renovável capaz de substituir os combustíveis fósseis e poluentes, como o petróleo e o carvão.
[2]Empregam como matérias-primas vegetais ricos em açúcares facilmente extraídos. Alguns exemplos são: cana-de-açúcar, milho, beterraba, etc...
[3]Matéria orgânica constituída por, basicamente, lignina, hemicelulose e celulose existentes na parede celular dos vegetais.

de forma mais eficiente, tem se tornado frequente e estimulado muitas empresas de diferentes setores a investirem na produção desse biocombustível.

Ressalta-se que, apesar de já existirem investimentos e plantas comerciais para produção de Etanol 2G, muitas dificuldades ainda precisam ser superadas, como por exemplo, aquelas referentes ao ganho de eficiência das novas tecnologias, que ainda não são tão competitivas frente às de primeira geração. Isto posto, o aumento da participação do Etanol 2G na matriz energética requer intensos esforços de inovação em seu processo de produção como um todo. Requer superar barreiras e limitações associadas à logística do processo, às tecnologias envolvidas, aos interesses de diferentes e novos atores que venham a compor a cadeia de produção desse biocombustível. Precisa também de superar barreiras referentes ao mercado, visto que esse biocombustível ainda não consegue competir em custos de produção com os biocombustíveis convencionais, entre eles o Etanol 1G.

No caso do setor de transportes, uma maior incorporação de fontes de energia renováveis com, portanto, o aumento da produção de etanol pela incorporação da produção de Etanol 2G, supostamente levará a uma mudança das estruturas desse setor. Transformação essa, capaz de afetar diferentes aspectos, desde os tecnológicos até os de infraestrutura. Assim, caso a participação do uso de etanol cresça de forma significativa, será preciso, por exemplo, a implementação de bombas de etanol nos postos de combustíveis, a produção de caminhões tanques e navios tanques específicos para o seu transporte, construção de etanoldutos, maior difusão de carros *flex* ou carros apenas a etanol e etc. As mudanças são gradativas e o processo como um todo levará tempo para acontecer. Entretanto, há de se supor que vários aspectos serão modificados, como por exemplo, a base de conhecimento requerido para a sua produção e consumo em larga escala. A entrada do Etanol 2G no mercado sugere também a possibilidade de entrada de novos atores com diferentes conhecimentos, competências e habilidades, o que caracteriza o processo de produção do Etanol 2G de maneira distinta do Etanol 1G, em vista dos atores e conhecimento envolvidos.

A produção e introdução do Etanol 2G no mercado consistem em um processo de mudança que necessita de iniciativas políticas que sirvam como base para a construção de dinâmicas para a totalidade do processo. Diante disso, o apoio governamental é essencial para que haja o contínuo avanço com os ganhos de aprendizado e escala com o uso das tecnologias de segunda geração. As políticas públicas são requisitos

fundamentais para viabilizar as oportunidades apresentadas pela utilização da biomassa lignocelulósica para a produção do Etanol 2G.

Por ser um processo de desenvolvimento ainda incipiente, a produção e o consumo do Etanol 2G requerem a implementação de mecanismos de políticas públicas que apoiem continuamente as atividades de pesquisa e desenvolvimento, bem como acelerem os investimentos em novas plantas comerciais e sejam capazes de redirecionar não só a oferta, mas também a demanda (MILANEZ, 2015). Afinal, o fato de se conseguir atingir a produção de Etanol 2G em escala comercial, não significa ter resolvido todo o problema, pois existem os desafios mercadológicos a serem superados.

O Estado, portanto, é um agente de fundamental importância na concepção de um setor de Etanol 2G bem estruturado e consolidado, uma vez que assume o papel estratégico de elaborar políticas capazes de promover avanços com implicações diretas para o desenvolvimento do país. Dessa forma, as políticas públicas são importantes para o desenvolvimento do mercado de Etanol 2G, de modo que favorecem a expansão e o aproveitamento de possibilidades tecnológicas e produtivas relacionadas ao futuro deste segmento (PEREIRA, 2015). Dito isto, é de se esperar que as políticas sejam, portanto, influenciadoras diretas do processo de desenvolvimento da produção e do consumo de Etanol 2G.

Entretanto, para que as políticas de fato funcionem e consigam atingir seus objetivos é necessário que os instrumentos políticos, que são as ferramentas utilizadas pelas políticas, estejam de acordo com o principal interesse político. Isso não é fácil de conceber, pois requer análises detalhadas e mais amplas possíveis do processo de desenvolvimento.

Por apresentarem um papel tão importante, os instrumentos políticos têm sido alvo de muitas pesquisas relacionadas a diferentes questões, sendo possível encontrar na literatura muitos estudos sobre políticas de apoio às transições e mudanças tecnológicas, sobretudo aqueles que defendem a necessidade de combinar diferentes instrumentos políticos nas chamadas combinações de políticas ou mix de políticas ("*policy mix*") (CONSTANTINI *et al.*, 2017; KERN e KIVIMAA, 2016; ROGGE e REICHARDT, 2016; HOWLETT e RAYNER, 2014; HUTTUNEN *et al.*, 2014).

O mix de políticas trata, justamente, das interações dos instrumentos políticos das políticas associadas, o que supõem-se ser um processo dinâmico e complexo, que

envolve questões importantes de coerência[4] e consistência[5] política. Dessa forma, a combinação de instrumentos políticos refere-se, não à combinação aleatória dos instrumentos, mas, mais do que isso, refere-se à conexão e harmonia quando ocorrem interações positivas entre diferentes instrumentos, ao alinhamento entre eles e a sua abrangência, que pode ser entendida como o grau em que o mix de instrumentos atende as finalidades políticas de oferta e demanda (CONSTANTINI *et al.*, 2017).

Guerzoni *et al.* (2015) afirmam que há uma necessidade cada vez maior de se estudar mais a respeito das combinações de políticas e não apenas as políticas isoladas. Deve-se prestar mais atenção à interação de instrumentos de oferta e demanda, dado que essa mistura de políticas é responsável por um impacto positivo sobre o resultado esperado. Assim, cada política minimiza uma ou mais barreiras que impossibilitam o desenvolvimento das fontes de energia renováveis como, por exemplo, barreiras técnicas, econômicas e regulatórias (BERTOI, 2012).

1.2. Objetivo

O principal objetivo deste trabalho é compreender como ocorreu o processo de construção do mix de políticas de incentivo ao Etanol 2G nos Estados Unidos.

Frente a isso, alguns objetivos secundários precisam ser contemplados para que se possa atingir o que foi anteriormente proposto:

- O primeiro deles é compreender como o encadeamento político foi adotado em uma perspectiva temporal, analisando, para isso, algumas dimensões e variáveis ligadas as políticas – como os instrumentos políticos, os *drivers* políticos, os tipos de matérias-primas/tecnologias incentivadas, a especificidade ou não da política em relação ao Etanol 2G e outros.
- O segundo é conseguir caracterizar, por fim, o processo de construção e abrangência do mix de políticas estudado.
- O terceiro deles é analisar como as políticas se comportam em relação à coerência e à consistência. Com isso, procurar entender como as políticas consideram o Etanol 2G, se elas ultrapassam a perspectiva tecnológica, como

[4]A coerência política pode ser entendida como a capacidade de múltiplas metas políticas coexistirem entre si e com as normas dos instrumentos de uma forma lógica (HOWLETT e RAYNER, 2014).
[5]A consistência política pode ser entendida como a capacidade de múltiplos instrumentos de políticas em se reforçar, em vez de minar uns aos outros na busca de objetivos políticos (HOWLETT e RAYNER, 2014).

elas lidam com a questão da demanda e a estruturação da oferta e como os instrumentos políticos foram sendo implementados ao longo do tempo.

Por fim, com a exploração das políticas adotadas, busca-se caracterizar o processo de construção do mix de políticas de incentivo ao Etanol 2G nos EUA. Visto que, apesar do baixo grau de maturidade das tecnologias relacionadas ao Etanol 2G, e junto a isso, uma grande complexidade tecnológica envolvida, assim como o uso de uma nova base de matérias-primas, presume-se que a forma como a indústria do etanol se estrutura para a produção do Etanol 2G seja bem distinta da maneira como ela está estruturada para as tecnologias de primeira geração (SOARES, 2016).

1.3. Estrutura do trabalho

Além dessa introdução, esta dissertação possui mais cinco capítulos.

O capítulo 2 aborda uma breve história acerca do Etanol 2G, caracterizando melhor a diferença entre o mesmo e o Etanol 1G, apontando os principais *drivers* desse segmento e destacando a natureza de seus principais desafios.

O capítulo 3 consiste em uma revisão bibliográfica com os principais argumentos teóricos que ajudam a compreender o problema. Será apresentada a revisão de alguns trabalhos a respeito da combinação de políticas e coerência e consistência políticas.

O capítulo 4 traz a metodologia utilizada no desenvolvimento do trabalho. Neste capítulo são apresentadas as variáveis consideradas importantes para a análise, a justificativa pela escolha do país a ser estudado e um levantamento das políticas de incentivo ao Etanol 2G nos Estados Unidos.

O capítulo 5 apresenta a análise dos resultados trabalho. Já no capítulo 6 tem-se a conclusão do trabalho, limitações e propostas de estudos futuros.

CAPÍTULO 2

O AVANÇO DO ETANOL 2G

Este capítulo aborda as principais questões envolvidas na produção do etanol 2G, as rotas de conversão mais utilizadas, os principais drivers para sua produção, as suas principais vantagens e os principais desafios que ainda precisam ser enfrentados para a produção e o consumo em larga escala do biocombustível.

2.1. O Etanol 2G

Como já mencionado, a nível global, discutem-se a grande dependência mundial que existe em relação aos combustíveis fósseis e, inevitavelmente, a contribuição crescente do setor de transporte ao aumento do consumo de petróleo com a consequente diminuição das reservas. Estes fatos estão intimamente relacionados com diversos impactos ao meio ambiente, como a diminuição da qualidade do ar, o aumento da temperatura global e as mudanças climáticas imprevisíveis que vem ocorrendo. Em vista disso, entende-se que o esforço para promover a sustentabilidade e a independência dos países em relação ao uso dos combustíveis fósseis passa pela incorporação dos biocombustíveis, sobretudo o etanol, na matriz energética.

O uso do etanol combustível no setor de transporte não é algo recente, sendo este uma fonte de energia alternativa, que, de modo geral, tem sido empregada na Europa e nos Estados Unidos desde o início de 1900 (ADITIYA *et al.*, 2016). Entretanto, o crescimento da indústria do petróleo e a consequente redução dos preços da gasolina e do óleo diesel, fizeram com que o etanol fosse ignorado por um longo período de tempo devido ao seu alto custo, predominando assim os combustíveis derivados do petróleo. Apesar disso, o etanol sempre foi visto como uma alternativa chave capaz de promover a segurança energética dos países produtores. Por isso, nos períodos de crise, como nos anos de guerra e na crise do petróleo nos anos 70, ocorreu o aumento da produção desse biocombustível (MELAMU *et al.*, 2011).

O relatório *Renewable 2015: Global Status Report* (REN21, 2015) deixou mais evidente essa questão ao afirmar que grande parte dos investimentos e políticas governamentais voltadas à transição energética está focada nos biocombustíveis, que devem ter um aumento significativo nos próximos anos. Neste cenário, o etanol ocupa

um patamar de 70% dentre os biocombustíveis consumidos no mundo até 2040 (IEA, 2015).

O etanol combustível é produzido, predominantemente, por tecnologias maduras denominadas de primeira geração (Etanol 1G). Cabe ressaltar aqui, que a classificação quanto ao etanol ser de primeira ou segunda geração, para nesse trabalho, leva em conta o tipo de biomassa utilizada para a sua produção (ULLAH *et al.*, 2015). No caso, o Etanol 1G é obtido, principalmente, a partir de culturas vegetais de milho e cana-de-açúcar (mas também pode ser obtido a partir do trigo, da beterraba, da batata e etc...) de onde se extrai facilmente açúcares simples (glicose, frutose, e outros monossacarídeos) fermentáveis derivados da biomassa vegetal (HAYES, 2012).

A produção mundial de Etanol 1G foi de 4,0 bilhões de galões em 1990, aumentou ligeiramente para 4,5 bilhões de galões em 2000 e, mais rapidamente para 23,3 bilhões de galões em 2010. Em 2013 o valor foi de 23,4 bilhões de galões com, 56,8%, 26,7%, 5,9%, 3,0 % e 2,1% da produção nos EUA, Brasil, Europa, China e Canadá, respectivamente (GUO *et al.*, 2015). Durante o período de 2010 a 2014, o consumo anual de Etanol 1G dos EUA foi de aproximadamente 13 bilhões de galões. O país destinou o correspondente a 114 milhões de toneladas/ano de seus grãos de milho colhidos para a produção de Etanol 1G, tentando substituir 10% de sua demanda de gasolina por esse biocombustível, em 2014 (IEA, 2016).

Dessa forma, nota-se um aumento inquestionável na produção mundial de Etanol 1G. Entretanto, conforme aumenta a produção de Etanol 1G surgem e crescem questões relacionadas a real sustentabilidade desse caminho. Em particular, a competição por terras, que inclui o desvio de terras aráveis da produção de alimentos para o cultivo de biomassa vegetal para a produção de biocombustíveis, tem sido cada vez mais criticada e surge como um primeiro ponto de questionamento. Entretanto, cabe ressaltar que ainda não há um consenso em relação ao real problema da competição por terras e a consequência disso, ou seja, não existe uma concordância efetiva de que isso seja uma adversidade unânime imposta pela produção de Etanol 1G.

Além desse questionamento, um segundo ponto que vem confrontando a sustentabilidade da produção de Etanol 1G, é a real capacidade deste produto em reduzir as emissões de gases do efeito estufa (GEE), à vista do uso da gasolina. Isso porque, a necessidade de expansão das lavouras para o cultivo de biomassa vegetal destinada à produção de Etanol 1G impacta muitas vezes de forma direta ou indireta no uso da terra.

E um último questionamento, mas não menos importante, é a capacidade limitada de ganho de produtividade das tecnologias de primeira geração (BHUTTO *et al.*, 2015; UNCTAD, 2014; BALAT *et al.*, 2009). Este último ponto remete a outra pergunta: como resolver a questão do aumento da produção do etanol se a produtividade de Etanol 1G se encontra próxima ao seu limite? Como, então, aumentar a produção e a porcentagem de utilização do etanol, se as produtividades agrícola e industrial do setor já começaram a demonstrar sinais de que estão saturadas? Assim, problemas como a estagnação da produtividade na produção de biomassa/Etanol 1G evidenciam-se e precisam ser solucionados. É importante ressaltar que essas são questões que nem todos concordam, principalmente na parte agrícola.

Em parte, devido a esses questionamentos, uma grande atenção tem sido colocada no desenvolvimento do Etanol 2G, que promete contribuir para diversificação da oferta de energia. Salienta-se, entretanto, que o Etanol 2G é apenas uma das possibilidades de resolver os problemas impostos. Na verdade, ele faz parte de um conjunto de soluções que vem surgindo, em meio a outros biocombustíveis que também vem sendo estudados.

A capacidade de produzir o Etanol 2G a partir de resíduos florestal, agrícola, industrial e urbano, significa que a sua produção pode ser espacialmente distribuída em grande parte do mundo, sendo acessível a diversos países (BACOVSKY *et al.*, 2010). Pesquisa e desenvolvimento em novas vias de produção de biocombustíveis já atingiram um estágio considerável. Todavia, as matérias-primas lignocelulósicas continuam desafiadoras para trabalhar, sendo altamente recalcitrantes para a hidrólise bioquímica e altamente heterogêneas para a conversão termoquímica (ZABED *et al.*, 2017). Pode-se dizer que o desenvolvimento tecnológico está em andamento e várias configurações técnicas diferentes ainda aguardam demonstração de viabilidade técnica e econômica.

2.1.1. Estímulo à produção de Etanol 2G

Algumas limitações identificadas em relação à produção de Etanol 1G provocaram uma maior ênfase na produção do Etanol 2G. E de certa forma, o impacto cumulativo de diversas preocupações relativas ao álcool de primeira geração, estimulou o interesse de diversos países em desenvolver o processo de obtenção do Etanol 2G, essencialmente, a partir de biomassa que não compete com os alimentos. Dentre as principais contestações que são feitas em relação à produção de Etanol 1G tem-se:

- **A competição por terras aráveis utilizadas para a produção de alimentos, o que pode ocasionar a elevação dos preços das *commodities* alimentares.** Assim, o aumento da demanda por matérias-primas de biocombustíveis de primeira geração tem sido, em parte, associado a preços mais altos dos alimentos (BACOVSKY *et al.*, 2010). A questão é que há uma discussão cada vez mais acirrada em relação ao real impacto da produção de Etanol 1G na elevação do preço dos alimentos. Todavia, com a expectativa de ampliação da produção mundial de Etanol 1G e a decorrente expansão das lavouras, essa é uma questão que deve se manter por muito tempo ainda no caso do Etanol 1G. Entretanto, cabe ressaltar, que há controvérsias em relação a essa elevação dos preços dos alimentos, não sendo uma unanimidade entre os especialistas.
- **A necessidade de ampliação da lavoura pode promover o desmatamento.** De forma direta, a expansão das lavouras pode ocasionar o desmatamento, ou seja, a remoção da vegetação nativa para dar lugar ao cultivo da biomassa a ser utilizada na produção do biocombustível. E de forma indireta, quando a expansão da lavoura reduz a área disponível para o cultivo de alimentos, o que leva a necessidade de ocupação de outras regiões, podendo levar ao desmatamento (UNCTAD, 2016; FARGIONE *et al.*, 2008).
- **A necessidade de mudanças no uso da terra pode interferir no nível de emissão de gases do efeito estufa, podendo provocar uma elevação no mesmo.** Isso porque, a mudança no uso da terra provoca o desmatamento e a remoção da vegetação natural para dar espaço a plantações, o que pode ocasionar um aumento da emissão do gás carbônico que antes se encontrava retido nas árvores da vegetação nativa removida (MELAMU *et al.*, 2011; BACOVSKY *et al.*, 2010; LAPOLA *et al.*, 2010).
- **O grau de maturidade atingido pela tecnologia de primeira geração, assim como o limite de produtividade agrícola/industrial.** O nível de desenvolvimento atingido pelas tecnologias de primeira geração pode não suportar mais melhorias ou inovações significativas que favoreçam o aumento da produção industrial de Etanol 1G (BHUTTO *et al.*, 2015; UNCTAD, 2014; BALAT *et al.*, 2009). Existe a preocupação em relação ao limite da produtividade agrícola para produção de Etanol 1G, isso devido a alguns fatores muitas vezes intrínsecos à natureza da biomassa.

Por exemplo, o esgotamento de ganhos das tradicionais rotas de melhoramento da cana-de-açúcar e a falta de interesse das empresas de biotecnologia no melhoramento dessa biomassa, dentre outros motivos, fizeram com que a produtividade da cana se mantivesse abaixo da do milho por um longo período, como aponta Nyko *et al.* (2014). Onde mais recentemente os esforços, por parte dessas empresas, começam a ganhar destaque no melhoramento da cana. Enquanto que milho, apesar de ser atualmente a cultura que mais obteve ganhos de produtividade nos anos recentes, por ser utilizado amplamente em vários países e, por assim, atrair maior interesse das empresas de biotecnologia agrícola, tem uma produção que gera muito menos toneladas por hectare, quando comparada a cana (NOVACANA, 2016). O que sugeriria, para o caso do milho, que um aumento da produtividade estaria atrelado a uma expansão da lavoura. Dessa forma, a estagnação da produtividade da biomassa, atinge por motivos distintos as culturas dedicadas à produção do Etanol 1G, o que é um problema.

Dessa forma, à medida que se expandia a produção sustentável e econômica tida pelo Etanol 1G, a mesma acabou sendo submetida a um criterioso quadro de questionamentos sobre sua real capacidade de ser sustentável (ULLAH *et al.*, 2015). Pode-se assumir então, que os principais *drivers* a incentivarem as tecnologias de segunda geração e a consequente expansão da produção de Etanol 2G, estão vinculados ao avanço de questões econômicas, geopolíticas e ambientais.

Resumidamente, a incapacidade da produção de Etanol 1G se expandir sem a necessidade de ampliação das lavouras, a busca por segurança/independência energética e por último, mas não menos importante, a preocupação com as mudanças climáticas, estão entre os principais motivos que fomentam a busca pelo desenvolvimento do Etanol 2G. Sendo assim, sob a influência desses *drivers* os governos de diversos países passaram a apoiar cada vez mais a produção de Etanol 2G.

Isto posto, o desenvolvimento da produção de Etanol 2G apresenta algumas razões que justificam a aposta nesse biocombustível como fonte de energia ao redor do mundo (BNDES, 2017):

- <u>Baixas emissões de gases do efeito estufa</u>: segundo um estudo do Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol (CTBE, 2017), o Etanol 2G consegue

ser mais limpo que o Etanol 1G, possuindo a capacidade de reduzir as emissões de CO_2 da gasolina em 90%, enquanto que o Etanol 1G (da cana-de-açúcar) reduz em 60%.

- Aumento da produtividade e competitividade: segundo a Conferência das Nações Unidas para o Comércio e Desenvolvimento (UNCTAD, 2016), a adoção das tecnologias de segunda geração possui a capacidade de elevar a produção do Etanol em até 50%, minimizando a ampliação das áreas agrícolas para a produção de matéria-prima. Consequentemente diminuiria a competição por terras aráveis destinadas a produção de alimentos. Além disso, o que se espera é que com o desenvolvimento tecnológico, os custos de produção do Etanol 2G sejam gradativamente reduzidos permitindo que seja competitivo até com o barril de petróleo próximo a US$ 40 (UNCTAD, 2016).
- Integração com o Etanol 1G: possibilidade de ganhos de integração na produção combinada de Etanol 1G/Etanol 2G. Tal integração permite ganhos de sinergia e possível compartilhamento de equipamentos e utilidades, o que melhora a competitividade do setor como um todo. Isso porque a produção de Etanol 2G pode utilizar resíduos de milho ou cana-de-açúcar da produção de Etanol 1G como insumo.

Desse modo, o Etanol 2G possui vantagens perceptíveis em relação ao Etanol 1G (Quadro 1), a começar pela grande variedade de matéria-prima que pode ser utilizada, podendo vir de resíduos agrícolas, florestais, urbanos e industriais, sem, portanto, implicar na necessidade direta por terras cultiváveis Além disso, segundo Ullah *et al.* (2015) a eficiência do uso da terra chega a ser cerca de duas a quatro vezes maior na produção de Etanol 2G, justamente porque esse biocombustível não provoca mudanças no uso da terra, de tal forma que uma maior área de terras pode estar disponível.

Além disso, cabe salientar que, dada a variedade de matérias-primas potenciais e rotas tecnológicas, a produção de Etanol 2G não necessariamente nasce vinculada a produção de Etanol 1G, o que é um fator relevante na elaboração das políticas, pois garante uma maior opção de escolhas de ferramentas para se atingir o objetivo político.

Principais Questionamentos à Produção de Etanol 1G	Competição por terras aráveis utilizadas para a produção de alimento.	Aumento do desmatamento	Limite da Produtividade Agrícola/Industrial
O Etanol 2G Como Resposta	A biomassa utilizada, em sua maioria, origina-se de resíduos. E mesmo as *energy crops*, tem sido cultivadas, no geral, em terras marginais	Não há necessidade de expansão das lavouras. A biomassa utilizada origina-se de resíduos	Possui a capacidade de elevar a produção de etanol em até 50%. O que garante um aumenta da produção

Quadro 1: O Etanol 2G como resposta a alguns questionamentos a respeito da produção de Etanol 1G. Fonte: Elaboração própria

2.1.2. Matérias-primas

O Etanol 2G recebe esse nome por utilizar como matéria-prima material lignocelulósico, presente em toda biomassa vegetal, assim como em alguns resíduos industriais e urbanos. O material lignocelulósico é composto basicamente de celulose (polímero de glicose), hemicelulose (heteropolímero formado por pentoses, que são açúcares de cinco carbonos) e lignina (macromolécula responsável pela sustentação dos vegetais) (EMBRAPA, 2017).

De maneira geral, a celulose e a hemicelulose representam 70% da biomassa total e estão estreitamente ligadas à lignina através de ligações covalentes e hidrogenadas que tornam a estrutura altamente robusta e resistente a qualquer tratamento (LIMAYEM e RICKE, 2012). Pode-se dizer que o material lignocelulósico constitui um importante recurso renovável para a produção de etanol no mundo, isso porque a biomassa lignocelulósica pode ser fornecida em grande escala a partir de diferentes matérias-primas de baixo custo, como resíduos florestais, agrícolas, urbanos e industriais, além das *energy crops*[6].

A biomassa lignocelulósica proveniente de resíduos florestais pode ser a lenha, a serragem, cascas de árvores e outros. Já os resíduos de culturas agrícolas são compostos, principalmente (mas existem outros), por palha de milho, palha de arroz e trigo, bem como bagaço e palha de cana-de-açúcar. Os resíduos agrícolas possuem uma maior variedade e, além disso, são vistos como mais sustentáveis uma vez que podem ajudar a evitar a dependência da biomassa florestal. Ao contrário das árvores, os

[6] Cultura de vegetais potencialmente de baixo custo, ricas em celulose e voltadas para a produção de bioenergia e biocombustíveis.

resíduos agrícolas são caracterizados por uma curta rotação de colheita que os torna mais consistentemente disponíveis para a produção de Etanol 2G (LIMAYEM e RICKE, 2012).

Além das matérias-primas lignocelulósicas abordadas anteriormente, os resíduos sólidos urbanos e industriais também constituem uma matéria-prima potencial para a produção de Etanol 2G. Sua utilização limita os problemas ambientais associados à eliminação de lixo urbano, processamento de papéis, subprodutos do processamento de alimentos, licores negros e polpas.

Quanto às *energy crops*, que, neste caso, seriam as culturas destinadas à obtenção de biomassa lignocelulósica para a produção de Etanol 2G, destaca-se a cultura de herbáceas, principalmente as gramíneas perenes (*switch grass*). Essas plantas crescem em planícies do hemisfério norte-americano, e podem ser cultivadas em terras consideradas marginais ou degradadas sem exigir a aplicação de pesticidas ou fertilizantes (GRIFFIN *et al.*, 2016). Atualmente há muitas empresas dedicadas à produção e ao desenvolvimento das *energy crops.* Um bom exemplo é a Ceres, empresa de biotecnologia agrícola, que atua no desenvolvimento de novas variedades das *energy crops*.

2.1.3. Principais rotas de conversão

No que tange as diferentes tecnologias de segunda geração, essas podem seguir as rotas bioquímica, termoquímica e híbrida (nesse caso, a rota consiste em uma combinação das outras duas). Algumas dessas tecnologias são seculares, contudo, o maior interesse por elas restringia-se a pesquisas em escala de laboratório e com sua aplicação industrial limitada a momentos de grandes dificuldades de abastecimento de petróleo e seus derivados. A maior introdução das tecnologias na indústria aconteceu a partir dos anos 80 com o surgimento das primeiras plantas piloto e o aumento das questões relacionadas ao meio ambiente (HUSSAIN *et al.*, 2017).

A rota termoquímica, que compreende a gaseificação, é uma tecnologia madura, sendo que sua aplicação em larga escala, com o uso do carvão, data da década de 40 do século passado. Entretanto, a aplicação da gaseificação para a produção do Etanol 2G com a utilização da biomassa é um processo mais complexo, quando comparado, por exemplo, com a gaseificação utilizando carvão para a produção de gás de síntese, entre

diversos fatores pela necessidade da criação de uma cadeia de abastecimento das matérias-primas (BACOVSKY, 2013).

Resumidamente, a gaseificação, não quebra as moléculas de celulose e hemicelulose em moléculas de açúcar (facilmente fermentáveis). Ao invés disso, após a etapa de pré-tratamento, a gaseificação converte o carbono presente na biomassa em gás de síntese. O processo, portanto, inclui a gaseificação de matéria-prima a uma temperatura elevada (de aproximadamente 800°C) seguida por uma reação catalítica. Assim, a aplicação de altos níveis de calor converte a matéria-prima em gás de síntese, obtendo-se moléculas à base de hidrogênio, dióxido e monóxido de carbono (HUSSAIN *et al.*, 2017; LIMAYEM e RICKE, 2012). Nesta rota, após obter o gás de síntese, destaque merece ser dado ao processo químico conhecido como Fischer-Tropsch[7], que é um dos processos mais utilizados, conseguindo alcançar maiores rendimentos de combustível pela a utilização de catalisadores.

Algumas empresas já utilizam a gaseificação da biomassa, sobretudo em escala piloto ou demonstração para produzir o Etanol 2G. Todavia, a Enerkem, empresa privada canadense, fundada em 2000, já possui uma planta de produção comercial que utiliza esse processo. Essa empresa faz uso em sua planta de produção, de resíduos sólidos urbanos (ENERKEM, 2017; ENERKEM, 2014).

Na conversão bioquímica, assim como na conversão termoquímica, um (ou mais etapas de) pré-tratamento antecede as etapas da hidrólise e da fermentação. Pode-se dizer que essa etapa é a mais crítica para melhorar o rendimento da fermentação de uma biomassa lignocelulósica. No pré-tratamento, a matéria-prima passa por um processo para sua redução de tamanho (por exemplo, a moagem), de tal forma que ela seja compactada para melhorar a eficiência do processo de conversão e facilitar a manipulação (HUSSAIN *et al.*, 2017; KIM *et al.*, 2014). Assim, o pré-tratamento é usado principalmente para ajudar a superar o material recalcitrante e aumentar a área de superfície, otimizando a acessibilidade das enzimas aos substratos no processo seguinte, que é a hidrólise.

---

[7] Processo químico desenvolvido pelos alemães Franz Fischer e Hans Tropsch que consiste numa série de reações responsáveis pela conversão do gás de síntese em uma mistura de hidrocarbonetos (alcanos e alcenos das mais variadas extensões). As reações envolvidas consistem em adsorção e dissociação dos reagentes (CO e H_2) na superfície do catalisador, reagindo para formar iniciadores de cadeia que por sua vez prosseguirão à propagação e terminação das cadeias e subsequente dessorção dos produtos. (Tagomori; 2017)

O pré-tratamento consiste em uma etapa que necessita de muitos conhecimentos, dentre eles de mecânica, engenharias química e de materiais. Por conta disso, é natural que empresas produtoras de Etanol 2G se relacionem com empresas de engenharia, para que assim possam desenvolver métodos de pré-tratamento mais eficientes. Devido a isso, já é possível encontrar exemplos como a da Andritiz, empresa austríaca de engenharia, que em parceria com a Poet-DSM desenvolveu a tecnologia de pré-tratamento utilizada na planta comercial de Etanol 2G desta última (SOARES, 2016).

A hidrólise do material lignocelulósico, etapa seguinte ao pré-tratamento, pode ser enzimática ou ácida, em ambos os casos, a celulose e a hemicelulose são convertidas em açúcares monoméricos livres (sacarificação), seja pela atuação das enzimas ou da solução ácida (diluída ou concentrada) utilizada. A hidrólise ácida da biomassa lignocelulósica pode despolimerizar a celulose e a hemicelulose em monômeros fermentáveis, entretanto, o ácido deve ser recuperado por razões ambientais e econômicas. Porém, tem sido desafiador desenvolver um processo de recuperação do ácido que seja de baixo custo para atender a tais necessidades. Por essas razões, atualmente, os esforços estão voltados, principalmente, para a hidrólise enzimática, processo que tem sido amplamente aceito como meio de produção bioquímica do Etanol 2G (KIM *et al.*, 2014).

Foi a partir da década de 70, com as crises do petróleo e o desenvolvimento da biotecnologia, que diversas empresas surgiram ou passaram a atuar na produção de enzimas e/ou leveduras, que são importantes insumos para a produção de Etanol 2G por hidrólise enzimática. Empresas pequenas, com base em biotecnologia, começaram a surgir, principalmente na produção de enzimas. Importante exemplo é a Iogen, empresa canadense fundada em 1974, que em 1982, inaugurou sua primeira planta piloto de Etanol 2G via hidrólise enzimática. Além de empresas pequenas, grandes empresas também passaram a se interessar pela biotecnologia, e consequentemente, pela produção de insumos para a produção de Etanol 2G, é o caso da Genencor e da Dupont. Dessa forma, a hidrólise é uma etapa do processo de produção de Etanol 2G, que tem atraído a atenção das empresas de biotecnologia e dos governos, principalmente devido às grandes possibilidades de redução de custos. Nos EUA, por exemplo, desde 2004, o *National Renewable Energy Laboratory* (NREL), juntamente com a Genencor e a Novozymes, vem desenvolvendo enzimas mais eficientes e de menor custo. Em 2008, sob o *Biomass Program*, novamente as enzimas foram foco do Departamento de

Energia dos EUA (DOE) que investiu em quatro empresas. Além das duas anteriores também foram selecionadas as empresas Verenium e DSM (SOARES, 2016; ETHANOL PRODUCER, 2011), para avançarem no desenvolvimento desses insumos.

É na etapa seguinte à hidrólise enzimática, a fermentação, que os açúcares livres obtidos são convertidos em etanol; a posterior destilação separa o etanol formado dos outros componentes. É nessa etapa que o álcool será obtido diretamente pela atividade metabólica do agente de fermentação (por exemplo, leveduras). O hidrolisado é introduzido ao fermentador com o melhor agente de fermentação, de acordo com a adequação do mesmo para digerir os respectivos compostos de açúcar presentes. É bastante difícil esperar que o hidrolisado seja uniforme em relação aos monômeros de açúcar, portanto há nele frações de diferentes monômeros e vários outros oligossacarídeos, com prováveis inibidores e substâncias que não serão digeridas. A fermentação é considerada um processo crítico na produção do etanol, porque depende de um controle rígido das condições de operação (como a temperatura e a faixa de pH, que precisam ser sempre monitoradas). Ademais, fatores adicionais que desempenham um papel importante no processo de fermentação são a taxa de crescimento e a estabilidade genética dos microrganismos, além da sua tolerância a inibidores, produtividade e rendimento de etanol. Cabe ressaltar que concomitantemente ao processo de obtenção do etanol, a lignina – o material mais recalcitrante das paredes celulares – é queimada e convertida em calor, em grande parte das plantas de produção (HUSSAIN *et al.*,2017; ADITIYA *et al.*, 2016; LIMAYEM e RICKE, 2012). Assim, as usinas que produzem Etanol 2G através da hidrólise enzimática também produzem bioenergia que é utilizada na própria usina e seu excedente pode ser vendido à rede. Isso também acontece na produção de Etanol 1G, só que nesse caso a queima do bagaço que garante a produção de energia para a usina.

Outra questão relacionada à produção do Etanol 2G diz respeito ao design e a integração do processo produtivo. Existem empresas que optam por realizar as etapas da produção separadamente, enquanto há empresas que escolhem fazer algumas dessas etapas de forma integrada (CUNHA, 2013).

Além dessa questão da integração do processo produtivo, outro item relevante é a possibilidade da produção da enzima ser centralizada ou *on-site*. A Novozymes mantém sua produção de enzimas centralizada, com as enzimas sendo produzidas em grandes fábricas e depois distribuídas para compradores. Já a Dyadic é um exemplo de empresa

que opta pela aplicação *on-site*, onde a produção da enzima é realizada na própria usina de Etanol 2G (DYADIC, 2014). Neste último caso, a escala de produção das enzimas é menor, porém não há gastos com o transporte desse insumo. Ademais, salienta-se que essas questões não estão definidas atualmente, e cada empresa segue um determinado perfil no design do seu processo produtivo.

De fato, a produção do Etanol 2G requer passos mais complexos que a produção do Etanol 1G, devido, principalmente, à característica da matéria-prima utilizada na operação. Felizmente, os estudos apontam para um avanço nas pesquisas que exploram as diferentes tecnologias para a produção do Etanol 2G (ZABED *et al.*, 2017; HUSSAIN *et al.*, 2017; ALFENORE *et al.*, 2016; ADITIYA *et al.*, 2016). Sem dúvidas, as pesquisas são essenciais, visto que a conversão e o custo do Etanol 2G produzido estão totalmente atrelados às rotas de produção, sendo majoritariamente dependente delas.

Portanto, dentre as atuais tecnologias de conversão em desenvolvimento não há ainda nenhuma que tenha apresentado maiores vantagens comerciais. Logo, pode-se dizer que ainda não há um padrão tecnológico que se destaque e que no futuro guiará os novos investimentos em produção de Etanol 2G. Talvez seja mais correto afirmar que possa ocorrer uma convergência tecnológica[8] em algumas etapas do processo produtivo, porque, certamente, diante das várias matérias-primas, será muito difícil que uma tecnologia ou um pacote tecnológico utilizado por várias empresas se sobressaia.

A mudança de matéria-prima utilizada na produção do etanol então requer que novas maneiras de produzi-lo sejam aplicadas e, como destaca Bomtempo (2012), uma mudança da base de matérias-primas dentro de uma indústria não apenas leva a utilização de novas tecnologias, mas sim a uma complexa reestruturação industrial, o que deve ser chamado à atenção para os formuladores de políticas. Um exemplo disso é o fato de a estruturação da cadeia de produção do Etanol 2G se caracterizar pela entrada de novos atores que possuem tipos diferentes de conhecimentos.

Cabe ressaltar que apesar da entrada de novos atores (como citado anteriormente), existe também a saída daqueles que de alguma forma não conseguiram superar os desafios impostos, ou que por razões diversas resolveram abandonar os projetos que já haviam começado. É o caso, por exemplo, da DuPont e da Abengoa que entraram

[8] Expressão utilizada para caracterizar a propensão de utilizar uma única infraestrutura tecnológica para exercer serviços que antes requeriam determinados padrões independentes.

coordenando projetos nos Estados Unidos para produzir Etanol 2G e atualmente já os abandonaram. A DowDuPont, criada pela fusão da DuPont e da Dow Chemical, parou de produzir em sua usina de Etanol 2G em Iowa e a colocou à venda. A Abengoa, também desativou sua usina de Etanol 2G no Kansas em 2015. A usina que entrou em processo de recuperação judicial e foi comprada pela empresa americana Synata Bi, até hoje não está produzindo (NOVACANA, 2018). Já outras empresas vêm tentando caminhos diferentes para produzir o Etanol 2G, como a Aemetis, da Califórnia, que tem o projeto de criar uma usina para produzir Etanol 2G a partir de resíduos de pomares e cascas de nozes.

2.2. Os desafios do Etanol 2G

Após um longo período de desenvolvimento tecnológico a nível mundial, algumas plantas produtivas de Etanol 2G conseguiram atingir o estágio comercial em alguns países. Contudo, as plantas comerciais existentes ainda não conseguem produzir de forma contínua e eficiente. Assim, o volume de produção pode ser considerado baixo em relação às expectativas iniciais de produção. Por isso muitos países necessitam suprir sua demanda por combustível com volumes relevantes de combustível fóssil (muitas vezes importado) (MELANEZ *et al.*, 2015).

A produção de Etanol 2G ainda enfrenta desafios, que de certa forma encontram-se relacionados. Muitos desafios ainda precisam ser superados, desafios tecnológicos, de mercado, de infraestrutura e logística. O Quadro 2 traz os desafios que ainda precisam ser superados para que o Etanol 2G se consolide no mercado. O quadro resume os principais desafios que foram sendo comentados ao longo deste capítulo e de que natureza eles são. A identificação da natureza de cada um dos desafios é importante para que, analisando as políticas e seus instrumentos, se consiga perceber se eles estão sendo, efetivamente, empregados para ajudar a superar esses problemas. Logo, é importante entender como essas políticas foram sendo propostas, o tempo de duração delas e se houve um acompanhamento das políticas em relação aos desafios. A análise das políticas será apresentada nos próximos capítulos.

Natureza	Desafios
Matérias-Primas	- **Escolha da matéria-prima:** as distintas composições das matérias-primas disponíveis acarretam na necessidade de ter diferentes meios de tratá-las. Ou seja, para cada tipo de matéria-prima há uma melhor tecnologia. Assim, a escolha da matéria-prima impacta diretamente na estruturação da cadeia. - **Disponibilidade:** relação com a logística do processo. Cada tipo de biomassa requer um sistema diferente de logística, dado as suas características físicas, químicas e regionais.
Tecnológica	- **Seleção e otimização dos métodos de pré-tratamento:** plantas em escala comercial ainda encontram problemas com o pré-tratamento. A necessidade de tecnologias mais complexas dificulta a aquisição de equipamentos. - **Redução dos custos das enzimas:** mercados de insumos ainda estão se desenvolvendo. Logo, as enzimas utilizadas na etapa de hidrólise enzimática ainda apresentam um elevado custo. - ***Scale up* das plantas:** dificuldade em passar das escalas laboratorial e piloto para as de demonstração.
Logística	- **Redução do custo do processo:** as operações logísticas ainda resultam na elevação dos custos do processo. - **Busca por métodos mais eficientes:** necessidade de métodos mais eficientes de colheita, limpeza, armazenamento, e transporte da matéria-prima. - **Necessidade de configurações e cadeias de valor distintas:** como a produção de Etanol 2G se coloca de forma mais diversificada, há a necessidade de envolver sinergias distintas de acordo com os diferentes tipos de indústrias.
Mercado	- **Necessidade de estruturação da demanda:** o custo ainda elevado do Etanol 2G, ainda o impede de competir no mercado com os demais combustíveis.

Quadro 2: Principais desafios que precisam ser superados para produção do Etanol 2G em larga escala. Fonte: Elaboração própria.

Várias configurações de processo estão sendo pesquisadas e desenvolvidas ativamente para produzir o Etanol 2G de maneira mais econômica e eficiente. Dessa forma, a superação dos desafios é gradativa, à medida que se ganha experiência as barreiras vão sendo superadas. E a tendência é que os desafios se tornem mais fáceis de serem superados quando são apoiados pelo conjunto de políticas proposto.

2.3. Considerações finais

Tem-se no avanço da produção de Etanol 2G a possível solução de questionamentos pertinentes que foram surgindo e ficando cada vez mais evidentes com a expansão e o aumento da produção do Etanol 1G. Sob esse aspecto, o desenvolvimento do Etanol 2G parece promissor, sendo este menos prejudicial ao meio ambiente, uma vez que emite menos gases do efeito estufa e não promove o desmatamento, além disso, é produzido a partir de matérias-primas de baixo custo e que não competem com a produção de alimentos, fora a capacidade também de ser um poderoso instrumento de segurança energética para os países.

Dentre as atuais tecnologias em desenvolvimento não há nenhuma que tenha apresentado maiores vantagens comerciais, não havendo ainda um padrão tecnológico dominante que no futuro guiará os novos investimentos em produção de Etanol 2G. Entretanto, há aquelas tecnologias que melhor se adaptam para os diferentes tipos de matérias-primas, ou seja, a matéria-prima utilizada, além de influenciar no desenvolvimento de uma cadeia de logística específica a ela, também influencia na construção da usina de produção de Etanol 2G, pois impacta na escolha da tecnologia a ser utilizada (MELÉNDEZ *et al.*, 2012).

Por fim, ainda existem barreiras tecnológicas, econômicas e logísticas para o desenvolvimento do Etanol 2G em todo o mundo. Os problemas técnicos e não técnicos que dificultam o desenvolvimento e o amplo sucesso comercial desse biocombustível incluem o alto custo de produção, que está associado às questões de desenvolvimento tecnológico mais economicamente viável e a operações logísticas mais econômicas e eficientes também, sendo intimamente relacionados. Contudo, o desenvolvimento ainda em estágio inicial permitirá que ao longo do processo de expansão ocorram inovações de processo, assim como ganhos de experiência o que permitirá que os desafios possam ser superados.

Frente a isso, e dado os desafios envolvidos na produção de Etanol 2G, pode-se dizer que o sucesso de tal produção é fortemente dependente das políticas governamentais. O investimento de capital nesta rota é elevado e arriscado por conta do desenvolvimento ainda incipiente do setor. Mas, o apoio do governo pelas suas políticas pode permitir que novas ações de pesquisa e desenvolvimento aconteçam.

CAPÍTULO 3

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo apresenta uma revisão da literatura a respeito dos conceitos que contornam as questões das iniciativas políticas. Ressalta-se que a literatura sobre políticas públicas e a combinação de instrumentos políticos é bastante ampla e compreende muitos autores e estudos que vão além dos citados aqui, entretanto, é dada neste capítulo ênfase nas principais ideias propostas, que de fato, compõem o arcabouço teórico a ser utilizado na análise dos resultados.

3.1. Políticas e seus instrumentos

As políticas públicas são essenciais para o desenvolvimento de setores estratégicos da economia de um país. São o resultado de esforços feitos pelos governos para alterar aspectos do comportamento – tanto dos seus próprios agentes como da sociedade em geral para algum propósito (HOWLETT, 2014).

Por apresentarem um papel tão importante, os instrumentos políticos têm sido alvo de muitas pesquisas relacionadas a diferentes questões, sendo possível encontrar na literatura muitos estudos sobre políticas de apoio às transições tecnológicas, sobretudo aqueles que defendem a necessidade de combinar diferentes instrumentos políticos nas chamadas combinações de políticas ("*policy mix*"). Frente a isso, Kern e Kivimaa (2016) trabalharam analisando as combinações de políticas de eficiência energética e examinando como se desenvolveram ao longo do tempo, ao invés de contribuir para as discussões tentando identificar pacotes de políticas "ideais". Até porque, como abordam Flanagan *et al.* (2011), não há misturas inequivocamente "boas".

3.1.1. Os tipos de instrumentos políticos

A Figura 1 apresenta um organograma com a classificação dos tipos de instrumentos políticos que têm motivado o crescimento da participação das fontes renováveis na matriz energética de um país – este trabalho usará como base esta classificação. A figura mostra os tipos e subtipos dos instrumentos empregados para potencializar as fontes renováveis, que se dividem em instrumentos legislatórios – implantados por autoridades do governo – e não legislatórios – implantados por qualquer parte envolvida.

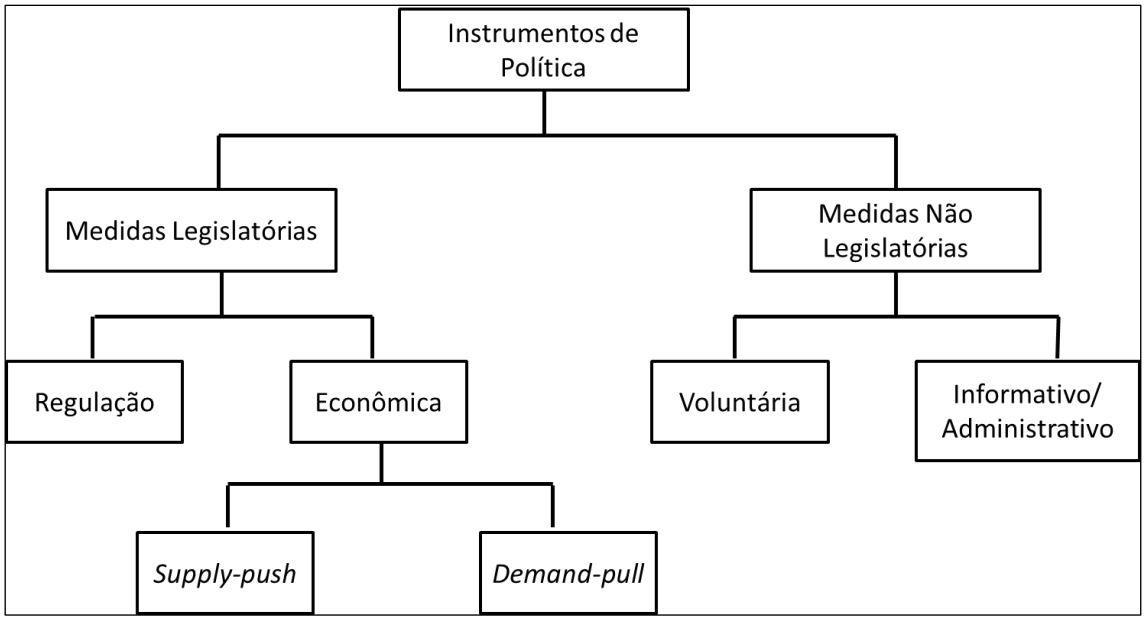


Figura 1. Tipologia dos instrumentos políticos de incentivo às fontes renováveis.

Fonte: Adaptado de Enzensberger *et al.* (2002)

Como pode ser visto na Figura 1, os instrumentos não legislatórios podem ser voluntários ou informativo-administrativos, como por exemplo: a orientação de investidores interessados e campanhas educativas (ENZENSBERGER *et al*, 2002).

Os instrumentos legislatórios dividem-se em econômicos e regulatórios. Os mecanismos econômicos procuram alterar o quadro econômico para agentes relevantes do mercado, de forma a tornar mais atrativo economicamente o comportamento desejado. Já os mecanismos regulatórios definem por lei um conjunto de ações admissíveis, como por exemplo, normas de segurança, limite de emissões de poluentes no setor convencional de geração, ou, até mesmo, a determinação de parada de geração (NOGUEIRA, 2011).

Quanto à proposição dos instrumentos políticos econômicos, esses podem dividir-se em *supply-push* e *demand-pull*. Em *supply-push* os mecanismos políticos, como por exemplo, subsídios ao investimento, incentivos a P&D e vantagens fiscais, estimulam a estruturação da oferta. Já em *demand-pull* os mecanismos políticos estão voltados para o desenvolvimento e estruturação da demanda, alguns exemplos são: mandatos e proibições, apoio financeiro direto, incentivos fiscais e impostos sobre carbono fóssil, de maneira a criar estímulos para que a demanda cresça (BAHIA, 2014).

A Figura 2 ilustra o fato de que instrumentos políticos direcionados para a oferta e para a demanda, quando combinados de maneira eficiente contribuem para fortalecer a implementação dos biocombustíveis.

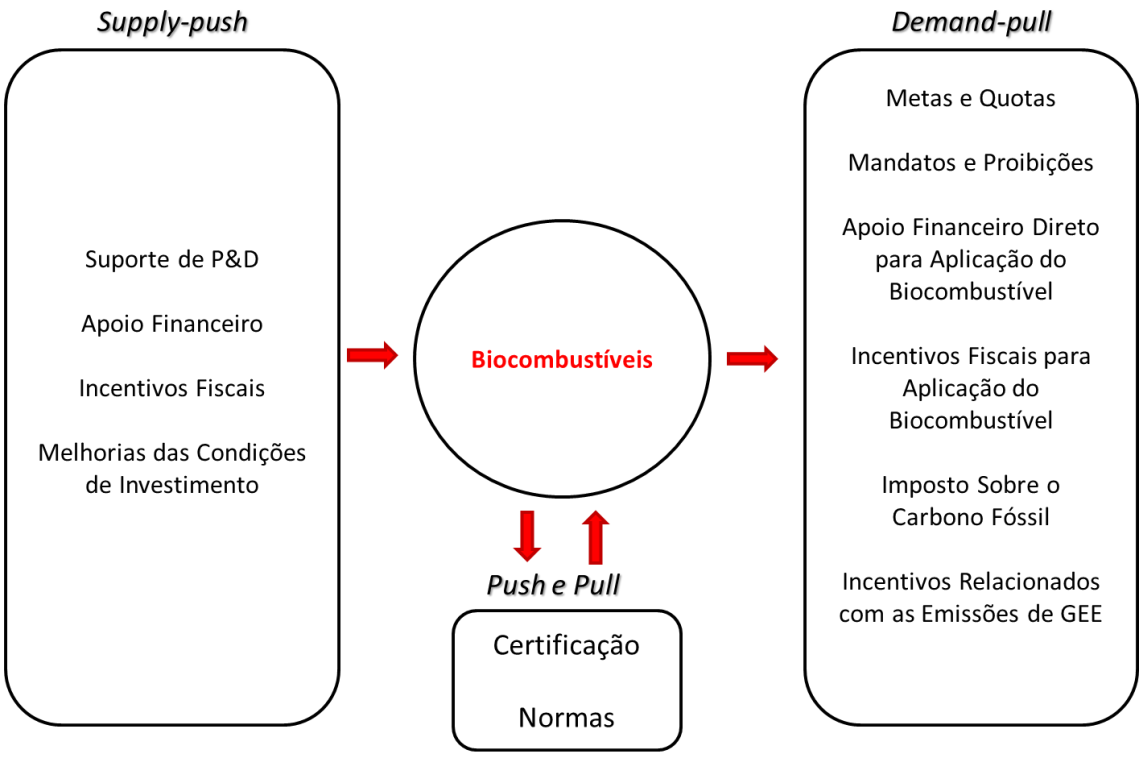


Figura 2: Instrumentos políticos de apoio a oferta e a demanda para produtos de fonte renovável.
Fonte: Adaptado de Michael Carus, 2014.

É indispensável destacar o importante papel que as políticas voltadas para o lado da oferta e da demanda possuem na construção de um mix de políticas equilibrado. Essas políticas exercem um maior impacto, com resultados mais evidentes, quando são combinadas entre si, com diferentes instrumentos políticos interagindo de maneira complementar dentro de uma mesma proposição política (GUERZONI *et al.*, 2015). Assim, os governos têm diferentes opções para promover o uso das fontes alternativas e renováveis de energia e, muitas vezes, um conjunto de instrumentos que se completam é a chave para o seu sucesso e não apenas um instrumento isolado.

Dessa forma, a combinação de instrumentos políticos refere-se, não à combinação aleatória dos instrumentos, mas, mais do que isso, refere-se à conexão e harmonia quando ocorrem interações positivas entre diferentes instrumentos, à complementariedade entre eles e a sua abrangência, que pode ser entendida como o grau

em que o mix de instrumentos atende as finalidades políticas (CONSTANTINI *et al.*, 2017). Com isso, essas características devem impactar o desempenho da combinação de políticas, embora de forma diferenciada, dependendo da natureza de cada setor.

Para Guerzoni *et al.* (2015), a combinação de políticas pode afetar premeditadamente o objetivo que se deseja alcançar, e por isso é indispensável avaliar sempre o efeito de qualquer uma das políticas dentro do conjunto. A OCDE (2010), por exemplo, ao centrar sua análise no equilíbrio do conjunto de políticas, assim referindo-se especificamente ao equilíbrio dentro da combinação entre os instrumentos de oferta e demanda, constatou em uma análise dos diversos casos de combinações de instrumentos políticos para a proteção do ambiente, que é possível identificar casos em que a utilização de instrumentos em combinação contribuiu para alcançar os objetivos ambientais, mas também inúmeros casos em que a utilização de instrumentos sobrepostos reduziu a eficiência do mix. Portanto, uma combinação desequilibrada de instrumentos políticos que favoreça, por exemplo, política de oferta sem um conjunto adequado e complementar de instrumentos de demanda pode acabar convencendo os investidores inovadores de que existe uma demanda interna inadequada para as novas tecnologias, o que reduziria a expectativa de lucro e diminuiria a propensão para inovar (CANTNER *et al.*, 2016).

Guerzoni *et al.* (2015) afirmam que há uma necessidade cada vez maior de se estudar mais a respeito das combinações de políticas e não apenas as políticas isoladas, devendo-se prestar mais atenção à interação de instrumentos, dado que uma mistura eficiente de políticas é responsável por um impacto positivo sobre o resultado esperado.

A combinação de políticas não é algo trivial, como apontam Constantini *et al.* (2017) e Cantner *et al.* (2016). A complexidade intrínseca de um enquadramento político destinado a reforçar a eficiência de determinado setor econômico sugere que um grande número de instrumentos políticos deve ser executado ao mesmo tempo, agindo tanto ao nível da demanda quanto ao nível da oferta, ativando assim, diferentes mecanismos de resposta dentro do sistema, desde decisões puramente econômicas tomadas por operadores de mercado a mudanças comportamentais dos consumidores. No entanto, cabe ressaltar que a simples acumulação de instrumentos teoricamente complementares entre si em algum momento, pode levar a interações negativas ou contraditórias, podendo surgir incertezas nocivas quando uma grande variedade, desproporcionada, de instrumentos políticos é implementada em conjunto

(FLANAGAN *et al.*, 2011). Frente a isso, o tópico seguinte tenta elucidar melhor a questão da combinação de políticas.

3.1.2. As combinações de políticas

As combinações de políticas são arranjos complexos de múltiplas metas e meios, que em muitos casos, se desenvolveram gradualmente ao longo de muitos anos (KERN e HOWLETT, 2009). Já os objetivos políticos podem ser definidos como *"metas estratégicas definidas por atores políticos"*, metas essas muitas vezes não estáticas ou mesmo não coerentes, ou seja, metas que podem mudar ao longo do tempo ou estar em conflito. Já os meios e instrumentos políticos são instrumentos tangíveis elaborados para atingir os objetivos políticos (KERN e KIVIMAA, 2016). Mais precisamente eles podem ser vistos como ferramentas introduzidas por um órgão governante para alcançar os objetivos políticos, traduzindo assim, os planos de ação (ROGGE e REICHARDT, 2016).

Muitos estudos definem a combinação de políticas apenas como um mix de vários instrumentos políticos. No entanto, como Flanagan *et al.* (2011) afirmam, as combinações de políticas abrangem mais do que apenas uma combinação de instrumentos de políticas; também incluem os processos pelos quais tais instrumentos emergem e interagem. Dessa forma, a combinação de políticas considera as combinações e interações de instrumentos políticos, juntamente com a estratégia política, com sua orientação de longo prazo e os demais elementos igualmente importantes de um mix de políticas.

3.1.2.1. A consistência e a coerência políticas

Para Huttunen *et al.* (2014), a coerência política é a compatibilidade de objetivos políticos, instrumentos e outros sinais relacionados a políticas na perspectiva dos atores afetados por elas, incluindo a implementação. Dessa forma, no geral, a coerência política significa que as metas políticas e os instrumentos são coesos entre si (HUTTUNEN *et al.*, 2014) e que a compatibilidade deve ocorrer em domínios de políticas diversos, por exemplo, energia, agricultura e etc... (NILSSON *et al.*, 2012).

Idealmente, isso leva a uma crescente probabilidade de que as políticas atinjam os resultados pretendidos. A coerência é cada vez mais estudada para ajudar a aumentar as sinergias e reduzir os conflitos entre domínios políticos interativos, tais como

políticas fiscais, de desenvolvimento regional, bem-estar e saúde pública. Para Nilsson *et al.* (2012), a coerência das políticas é um atributo que reduz sistematicamente os conflitos e promove sinergias dentro e entre diferentes áreas políticas para alcançar os resultados associados aos objetivos políticos acordados em conjunto. Segundo Rogge e Reichardt (2016) muitos estudos, erroneamente, trazem a consistência e a coerência como características idênticas, sugerindo que consistência e coerência são sinônimos. No entanto, coerência é mais abrangente do que consistência. Ou seja, a coerência pode ser vista como a ausência de contradições, enquanto que a consistência exige a obtenção de sinergias ou conexões positivas, que reduzam os conflitos.

Rogge e Reichardt (2016) abordam a importância de os decisores políticos trabalharem no sentido de melhorar tanto a coerência quanto a consistência dos elementos da combinação de políticas e dos processos políticos, além da busca pelo equilíbrio entre os instrumentos. Dessa forma, tem-se que é importante entender a concepção das políticas avaliando os efeitos potenciais das combinações de políticas com base em critérios como a consistência e a coerência. A consistência pode ser definida como *"a capacidade de múltiplos instrumentos de políticas em se reforçar, em vez de minar uns aos outros na busca de objetivos políticos",* e a coerência definida como *"a capacidade de múltiplas metas políticas coexistirem entre si e com as normas dos instrumentos de uma forma lógica"* (HOWLETT e RAYNER, 2014, *apud* KERN e KIVIMAA, 2016). Salienta-se que serão adotadas tais definições como base na elaboração desta dissertação.

Ressalta-se que consistência e coerência são critérios essenciais, portanto, no desenvolvimento de combinações de políticas (e mesmo na elaboração de políticas individuais), entretanto não são critérios fáceis de serem atingidos, uma vez que objetivos e instrumentos são adicionados e subtraídos da combinação ao longo do tempo. Além disso, existem também as influências geográficas, uma vez que Estados e países podem ter recursos, visões e objetivos distintos, o que pode levar a incoerências políticas. Por isso, os formuladores de políticas não são completamente livres em suas escolhas, uma vez que as combinações de políticas são dependentes de caminhos e tipicamente evoluem ao longo do tempo através de quatro processos (KERN e KIVIMAA, 2016), que são:

- *Camadas* – refere-se ao processo de adição de novos objetivos políticas e instrumentos em combinações de políticas existentes sem descartar as medidas anteriores. Esse processo geralmente leva a incoerência entre os objetivos e inconsistência em relação aos instrumentos utilizados (BELAND, 2007, *apud* KERN e HOWLETT, 2009).
- *Movimento* – ocorre quando novos objetivos substituem os antigos sem mudar os instrumentos usados para implementá-los. Esses instrumentos podem então tornar-se inconsistentes com os novos objetivos e, provavelmente, ineficazes para alcançá-los (TORNVLIED e AKKERMAN, 2004, *apud* KERN e HOWLETT, 2009).
- *Conversão* – envolve a situação inversa em que novas combinações de instrumentos evoluem mantendo os objetivos principais constantes. Se os objetivos antigos não têm coerência, as mudanças nos instrumentos de política podem reduzir os níveis de conflitos de implementação ou aprimorá-los (KERN e HOWLETT, 2009).
- *Substituição* – descreve o processo em que um esforço consciente é feito para reestruturar fundamentalmente os objetivos e os instrumentos de uma maneira coerente e consistente, varrendo de um lado os elementos antigos e projetando, do outro lado, um novo mix (KERN e KIVIMAA, 2016).

Howlett e Rayner (2014) observaram que, empiricamente, a maioria das combinações de políticas existentes se desenvolveu através de camadas e conversões, devido a uma tentativa de corrigir as falhas existentes ou permitir que as políticas se adaptassem às mudanças, muitas vezes resultando em combinações de políticas inconsistentes e incoerentes. Segundo ainda Kern e Howlett (2009), embora a substituição seja muitas vezes o objetivo dos esforços de reformas, as evidências existentes mostram que muitas combinações de políticas se desenvolveram, não por um planejamento, mas sim ao acaso, por meio de processos de camadas de políticas ou conflitos repetidos de conversão de políticas ou movimento de políticas em que novos instrumentos e objetivos foram empilhados em cima dos mais velhos.

Para Huttunen *et al.* (2014) o processo de elaboração de políticas é bastante confuso e necessita de muito estudo. Isso porque as políticas não são projetadas de forma repentina, mas, ao invés disso, elas são, geralmente, elaboradas em camadas,

sobrepostas às políticas pré-existentes, fazendo modificações com a introdução de novos instrumentos e o alinhamento deles para o melhor ajuste aos novos objetivos. Isso, claro, leva a uma grande ameaça de se desenvolver políticas ineficientes, pois, mesmo quando focado em um único setor, essa camada de políticas contém um alto risco para combinações de instrumentos políticos incoerentes ou inconsistentes, se todo o contexto de política não for totalmente revisto. Assim, essas combinações de políticas podem ser ineficientes para desencadear grandes mudanças, por exemplo, devido a velhos instrumentos que minam novos objetivos ou a prevalência de discursos políticos antigos. E por isso o entendimento de coerência e consistência política é fundamental para a projeção de políticas eficientes.

Kern e Kivimaa (2016) argumentam que o (re)desenho de políticas pode, por conseguinte, ser entendido como dois tipos diferentes de processos: o empacotamento de políticas (*"policy packaging*") ou o remendo de políticas (*"policy patching"*). O empacotamento de políticas faz referência a um processo de elaboração de políticas em que as políticas antigas são descartadas e um novo pacote de políticas é introduzido (menção ao processo de substituição). É importante citar que nem sempre o processo de substituição acarretará na consistência e na coerência de uma combinação de políticas, uma vez que muitos fatores estão envolvidos no (re) desenho de políticas.

Howlett e Rayner (2014) expõem que os processos de camadas, movimento e conversão também podem ser intencionalmente concebidos como uma forma de remendar políticas, a fim de corrigir falhas existentes ou permitir que haja uma adaptação às circunstâncias em mudança. E assim, a intenção de ambos os tipos de processos é alcançar o aumento da coerência dos objetivos e da consistência dos instrumentos. À vista disso, estudar os processos de desenvolvimento e combinação de políticas ao longo do tempo e as principais características que compreendem os conjuntos de políticas em termos de consistência e coerência é essencial para se obter uma visão de como podem influenciar e coordenar um processo de mudança.

Segundo Nilsson *et al.*, 2012 e Huttunen *et al.*, 2014 a coerência política pode ser analisada em três dimensões: (a) interna, (b) externa e (c) temporal, como representado na Figura 3.

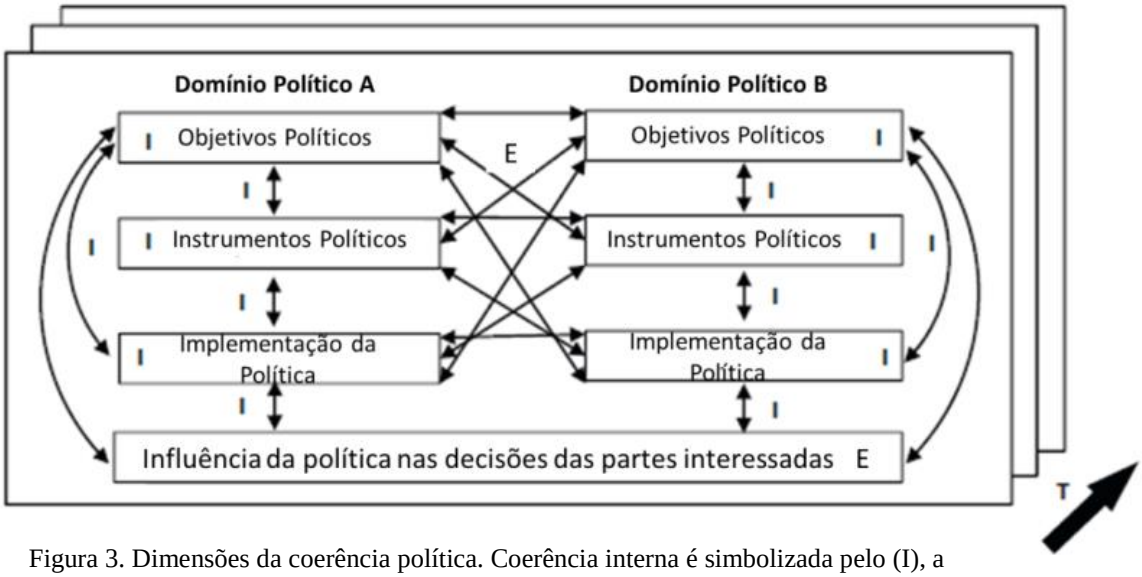


Figura 3. Dimensões da coerência política. Coerência interna é simbolizada pelo (I), a coerência externa pelo (E) e a coerência temporal pelo (T).

Fonte: Adaptado de Huttunen *et al.* (2014)

A dimensão interna restringe a coerência política em um domínio político[9] – quando a política está voltada a um determinado ambiente, seja ele econômico, social e etc. As diferentes metas políticas, instrumentos e implementação são avaliadas horizontalmente (por exemplo, comparando diferentes objetivos, no que diz respeito à relação entre políticas no mesmo domínio) e verticalmente (por exemplo, comparando instrumentos relacionados em diferentes escalas (espaciais) do domínio) para determinar se estão alinhados uns com os outros (HUTTUNEN *et al.*, 2014). Os resultados das políticas são avaliados em relação aos objetivos que foram alcançados.

A dimensão externa compreende a coerência política entre domínios distintos de políticas. Isso novamente envolve metas, instrumentos e implementação, mas examina a compatibilidade de, por exemplo, instrumentos de um domínio de política em relação aos instrumentos em outro domínio de política.

A dimensão temporal da coerência política diz respeito à constância e a previsibilidade das políticas ao longo do tempo. De certa forma, pode-se supor que analisar a coerência política sob a ótica da dimensão temporal seja bastante inconclusivo no caso de um caminho de substituição, que leva a pensar em um processo de ruptura, o

[9] Um sistema político se desenvolve em um ambiente multidimensional: que se relaciona com aspectos sociais, ambientais, culturais, educacionais e econômicos. Denomina-se domínio político o ambiente à que o sistema político diz respeito seja ele social, econômico, ambiental e etc.

que pode não ser bom, uma vez que pode acabar gerando falta de confiabilidade nos atores para realizar futuros investimentos. Assim, a análise da coerência das políticas visa apontar para onde as políticas dão sinais inconsistentes aos atores (NILSSON *et al.*, 2012; HUTTUNEN *et al.*, 2014).

As exigências para uma formulação de políticas mais coerentes são frequentemente feitas com referência às interligações cada vez mais fortalecidas entre diferentes áreas políticas, sociais, ambientais, etc., e a necessidade de uma combinação mais inteligente. Dessa forma, diferenciar as características de uma combinação de políticas compreende conseguir distinguir os níveis de coerência e consistência de tal combinação, pois esses são critérios fundamentais de avaliação no que diz respeito à eficácia e eficiência do conjunto (ROGGE e REICHARDT, 2016).

3.2. Considerações finais

São recorrentes na literatura os estudos sobre os instrumentos e iniciativas políticas, isso porque tanto entre os formuladores de políticas quanto entre os acadêmicos, existe um interesse crescente pelos efeitos de combinações de metas e instrumentos (ou seja, combinações de políticas) e como eles evoluem ao longo do tempo (NILSSON *et al.*, 2012; HUTTUNEN *et al.*, 2014; ROGGE e REICHARDT, 2016; KIVIMAA e KERN, 2016; RAVEN *et al.*, 2016; ROGGE *et al.*, 2017).

Todo processo de mudança, sobretudo o de desenvolvimento e avanço de uma fonte alternativa de energia, como o caso do Etanol 2G, torna-se mais factível pela influência das políticas públicas, que podem acelerar todo o processo. Quando corretamente elaboradas e revisadas, as políticas são capazes de expandir a capacidade do sistema produtivo e inovativo de segmentos específicos. Para isso, devem ser eficazes em estimular e favorecer o segmento em questão por meio de intervenções que ajudem a explorar as potencialidades, criando condições que favoreçam o desenvolvimento, que abram janelas de oportunidades e impulsionem a competitividade do setor no país (EDMONDSON *et al.*, 2018; NAIR e HOWLETT, 2016.)

Reichardt *et al.* (2016) abordam a importância de os decisores políticos trabalharem no sentido de melhorar tanto a coerência quanto a consistência dos elementos da elaboração de políticas e dos processos políticos, além da busca pela complementariedade e harmonia entre os variados instrumentos políticos que atendam tanto a oferta quanto a demanda. O mix de política construído deve ser todo alinhado, as

novas políticas introduzidas, devem sempre buscar complementar as políticas posteriores. É importante que os instrumentos políticos se reforcem e se complementem ao longo do tempo e na medida em que as revisões do conjunto de políticas são feitas. Para que dessa forma, busque-se sempre atingir a coerência e consistência e assim, os objetivos sejam atingidos, por mais distintos que forem.

CAPÍTULO 4

O ETANOL 2G NOS EUA E SUAS POLÍTICAS

Este capítulo se dedica a apresentar as principais políticas federais (que constituem a combinação de políticas) desenvolvidas nos Estados Unidos que fomentam o desenvolvimento e avanço do Etanol 2G no país. Frente ao que foi desenvolvido no capítulo anterior, faz-se necessário identificar as políticas públicas e suas variáveis para compreender como o mix de políticas foi construído no país ao longo dos anos. E assim, conseguir caracterizá-lo, quanto às questões de coerência e consistência políticas, quanto à sua especificidade ou não em relação ao Etanol 2G e como, de fato, esse mix vem lidando com o desenvolvimento desse biocombustível nos EUA. Neste capítulo também é apresentada a metodologia utilizada para explorar e para analisar as políticas e suas respectivas variáveis.

4.1. Metodologia

A metodologia desse trabalho consistiu na construção de uma base de dados com as principais políticas que, de alguma maneira, apresentavam em seu escopo o incentivo ao desenvolvimento do Etanol 2G nos Estados Unidos.

Os dados para a construção da planilha foram obtidos através da base da IEA (*International Energy Agency*) em parceria com a IRENA (*International Renewable Energy Association*)[10] – *Policies and Measures Database*. A base apresenta um interessante pacote de dados de políticas e medidas relacionadas com energia e medidas tomadas ou planejadas para reduzir as emissões de gases do efeito estufa, melhorar a eficiência energética e apoiar o desenvolvimento e a implantação de energias renováveis, o que justifica a escolha desta base para a realização deste trabalho. As bases abrangem as políticas e seus instrumentos políticos tomados pelos países membros da IEA e possuem suas informações revisadas duas vezes por ano.

Nesta triagem inicial, foram captadas apenas as informações contidas nessa base. Para uma abordagem mais aprofundada, que será apresentada no próximo capítulo, as informações foram complementadas com alguns artigos, a bibliografia disponível (na

[10] IEA/IRENA Policies and Measures Databases, disponível em: https://www.iea.org/policiesandmeasures/

própria base de dados) e com documentos primários relativos às políticas disponíveis ao público.

A base concede para a pesquisa um quadro interativo extenso, além de um mapa que viabiliza a seleção dos países de interesse (Figura 4). Ao selecionar o país, são apresentadas as medidas tomadas, tendo como foco a gestão das políticas de participação das fontes renováveis de energia. A base reúne dados de cerca de duas décadas de cada país selecionado.

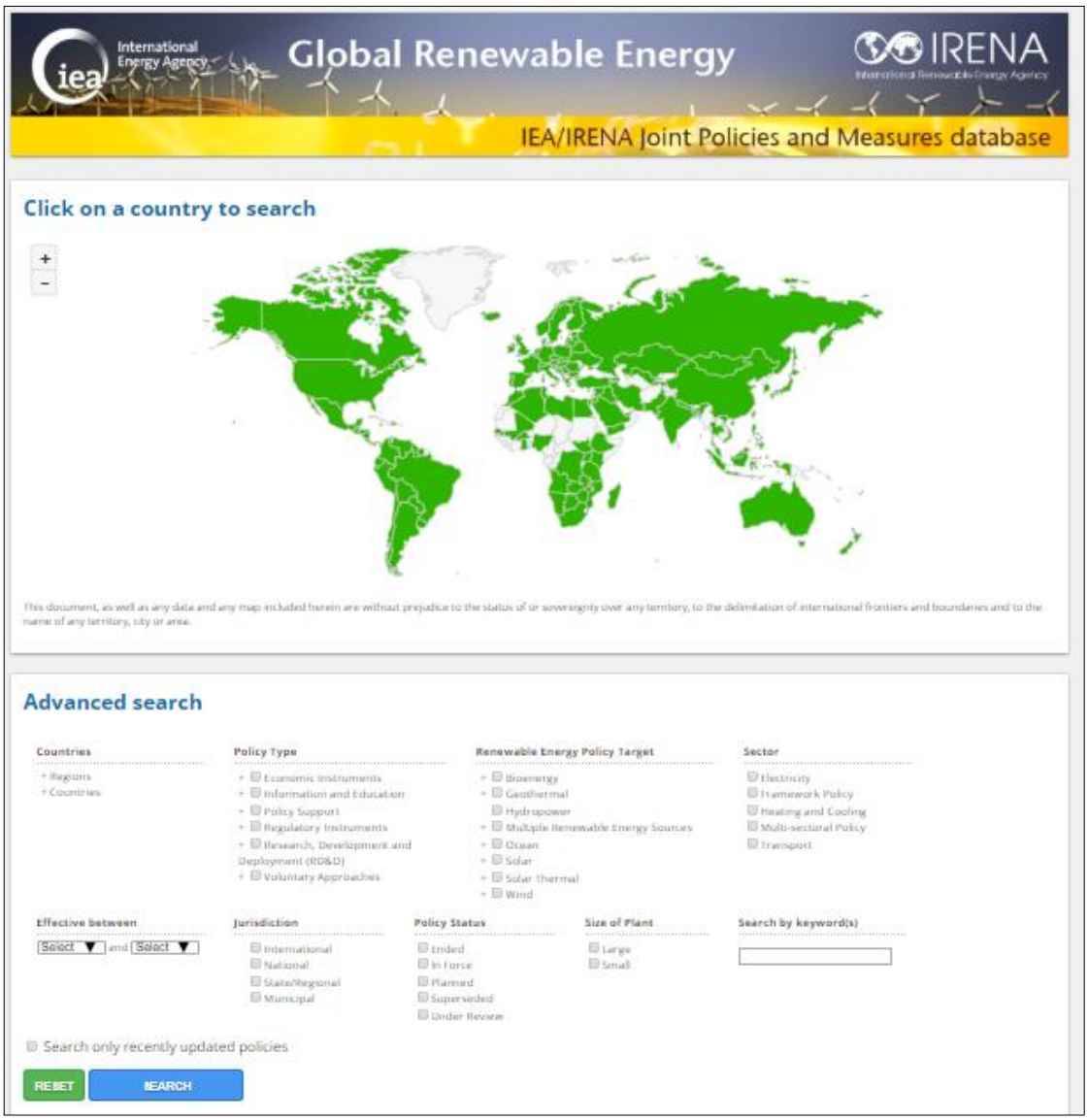


Figura 4: Página de busca da base de dados utilizada para a pesquisa. Fonte: https://www.iea.org/policiesandmeasures/renewableenergy

A organização das medidas é apresentada em uma sequência temporal conforme a implementação das medidas e as substituições ocorridas por leis posteriores – o que permite fazer o agrupamento das políticas de interesse.

Ressalta-se que será realizada uma análise das políticas públicas dos Estados Unidos que se restringem ao apoio federal (jurisdição nacional), pois analisar as iniciativas de cada estado norte-americano tornaria o trabalho muito extenso e mais complexo, visto que existem diferentes iniciativas características de cada um desses estados. A busca inicial pelas políticas tem por objetivo ilustrar o vasto conjunto das medidas utilizado pelo país e suas principais variáveis, que irão ajudar a entender como o mix de políticas de incentivo ao Etanol 2G foi sendo construído nos país. A escolha por analisar as políticas de fomento ao Etanol 2G dos Estados Unidos se justifica pelo fato do país ocupar a primeira posição entre os países com capacidade instalada desse biocombustível (Figura 13) e, mais do que isso, por apresentar um conjunto de incentivos bem amplo, destacando-se a adoção de diversos programas e planos de ação que apoiam a pesquisa, o desenvolvimento e a adesão crescente de novas tecnologias pelo país, além dos incentivos ao investimento em capacidade produtiva e também mandatos obrigatórios para o Etanol 2G (MILANEZ *et al*, 2015; NYKO, 2010).

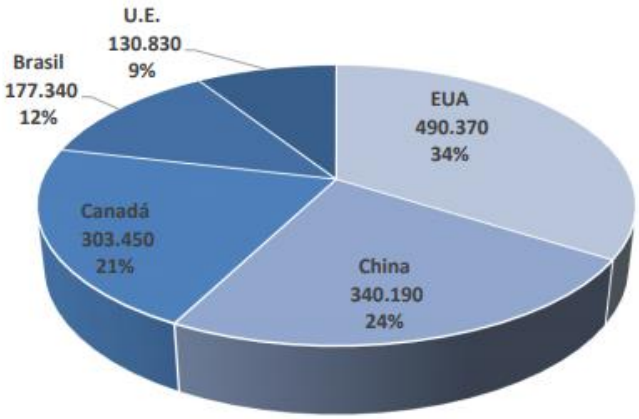


Figura 5: Participação na capacidade instalada de Etanol 2G.

Fonte: UNCTAD, 2016

Além disso, salienta-se que o corte temporal utilizado na busca compreende o período de 2000 a 2016. Isso porque, segundo alguns estudos (GRIFFIN *et al.*, 2016; PEREIRA, 2015; LIMAYEM e RICKE, 2012; NYKO *et al.*, 2010) foi no início dos

anos 2000 que o governo dos Estados Unidos criou leis e políticas de suporte aos biocombustíveis mais intensamente. O ano 2000 foi aquele em que o governo americano aprovou o *Biomass R&D Act*, uma lei cujo objetivo principal era viabilizar rapidamente novas tecnologias e processos necessários para a criação da disponibilidade de biomassa e produção de biocombustíveis (SOARES, 2016; NYKO *et al*, 2010).

A análise até o ano de 2016 representa um corte temporal que se justifica por representar um ciclo, com o fim do Governo Obama, que trouxe muitos investimentos para o desenvolvimento dos biocombustíveis e o início do Governo Trump, declaradamente favorável às fontes fósseis.

Uma vez identificadas as políticas, faz-se necessário estabelecer as variáveis que serão, então, caracterizadas. Nesse caso, as variáveis em questão são tidas como aquelas que permitirão que se estabeleça um entendimento da construção do mix de políticas. Sendo assim, o tópico seguinte apresenta as variáveis que serão analisadas em cada uma das políticas.

4.1.1. As variáveis de análise

As políticas serão classificadas sob o ponto de vista das seguintes variáveis: instrumentos políticos e objetivos dos instrumentos, *driver* político, tipos de atores e setor alvo, agências federais envolvidas, matérias-primas/tecnologias, estágio na cadeia de valor e a especificidade para o Etanol 2G/produtos. A seguir estão descritas as variáveis e sua importância na análise, ou seja, o que de fato se espera enxergar com elas.

I. Instrumentos políticos e objetivos dos instrumentos

Os instrumentos políticos são ferramentas ou dispositivos que os governos de fato usam para implementar as políticas. Como apontado na revisão bibliográfica, os instrumentos podem ser classificados de acordo com diferentes critérios, dentre os quais, se interferem na demanda ou na oferta. Em resumo, tem-se os instrumentos políticos legislatórios e não-legislatórios. Os não-legislatórios podem ser voluntários ou informativos/administrativos (que para facilitar a identificação, serão tratados como instrumentos de suporte) e os legislatórios podem ser de regulação ou econômicos, este último se subdivide em estruturação da oferta ou da demanda. Esta será a nomenclatura utilizada na identificação dos instrumentos de cada uma das políticas.

Dentre os instrumentos econômicos mais utilizados, segue uma definição daqueles que mais aparecem nas políticas que foram analisadas, visto que uma busca e análise primária das políticas permitiu identificar os principais instrumentos citados e garantir que se trabalhasse diretamente com eles. O Quadro 3 resume suas características relevantes para o presente trabalho.

- **subsídios de capital:** têm por finalidade vencer os obstáculos e barreiras de um projeto de investimento com alto custo inicial. As taxas especiais para investimento também podem ser consideradas como um subsídio, assim como os *grants* de pesquisa. Um aspecto interessante desse mecanismo encontra-se na redução do capital inicial próprio necessário para se iniciar um projeto, além de proporcionar um crescimento rápido da capacidade a curto prazo (NOGUEIRA, 2011).

- **medidas fiscais:** agem de várias maneiras como a isenção das taxas aplicadas ao uso das energias de fontes de energia renovável, redução de impostos e benefícios fiscais para aqueles que investirem em fontes de energia renovável. (BAHIA, 2014).

- **financiamento:** podem ser empréstimos outorgados por parte do governo ou por parte de instituições privadas. A disponibilidade de financiamento pode ser, dentre outras finalidades, para estimular a pesquisa, para a aquisição e desenvolvimento de tecnologias e para a alocação de capital financeiro necessário na implantação de novos projetos industriais.

Quanto aos instrumentos de regulação, os mandatos e as normas são os mais frequentes. Os mandatos possuem a capacidade de exercer influência direcionada sobre os mercados, sobretudo no que diz respeito à criação de demanda (CARUS *et al.*, 2014). Os instrumentos de suporte são informativos e/ou educacionais. Eles pretendem fornecer uma base de aprendizado capaz de elucidar as questões mais duvidosas em relação ao processo. No Quadro 3 são apresentados alguns dos instrumentos políticos utilizados como ferramentas para se alcançar os objetivos políticos impostos, assim como suas vantagens e desvantagens.

Instrumento Político	Classificação	Vantagens	Desvantagens	Direcionamento
Subsídios de Capital	Econômico	Reduz o montante de capital próprio para iniciar o projeto. Garante o aumento da capacidade em curto prazo	Os critérios para escolha do nível de subsídio podem dificultar a evolução de um mercado mais competitivo em curto prazo	Oferta
Medidas Fiscais	Econômico	Cria uma fonte de renda para o projeto ao longo do período de benefício fiscal	Em se tratando de um benefício indireto , vale as mesmas desvantagens apresentadas	Oferta
Mandato/Proibição	Regulatório	Tem a capacidade de exercer com sucesso uma influência direcionada sobre os mercados. Criar consideráveis incentivos de mercado, inovações rápidas e incentivar o investimento	Por constituírem fortes intervenções no mercado, muitas vezes sofrem retaliação por parte das indústrias. É necessário fiscalização rígida e firmeza política	Demanda
Suporte	Informativo/Adm.	É um instrumento de conscientização. Baseado na informação e educação é utilizado como um suporte para outros instrumentos	Não são tão eficientes quando adotados de forma isolada. São mais lentos em seus resultados por exigirem mudanças culturais e de hábitos comportamentais	Demanda

Quadro 3: Características dos instrumentos políticos. Fonte: Elaboração própria.

Os instrumentos são importantes para a análise, por que vão permitir verificar para onde as políticas foram se direcionando com o tempo. Por exemplo, será possível observar o direcionamento das políticas, em relação à oferta e a demanda e se, de fato, houve uma preocupação em se estruturar a oferta e a demanda desde o princípio. Explorar os objetivos dos instrumentos políticos permitirá também, identificar o direcionamento dos instrumentos e onde, dentro das políticas, eles estão focando para conseguir atingir o objetivo mais amplo da política.

Dessa maneira, portanto, a identificação dos instrumentos das políticas seguirá a classificação mostrada na Figura 6.

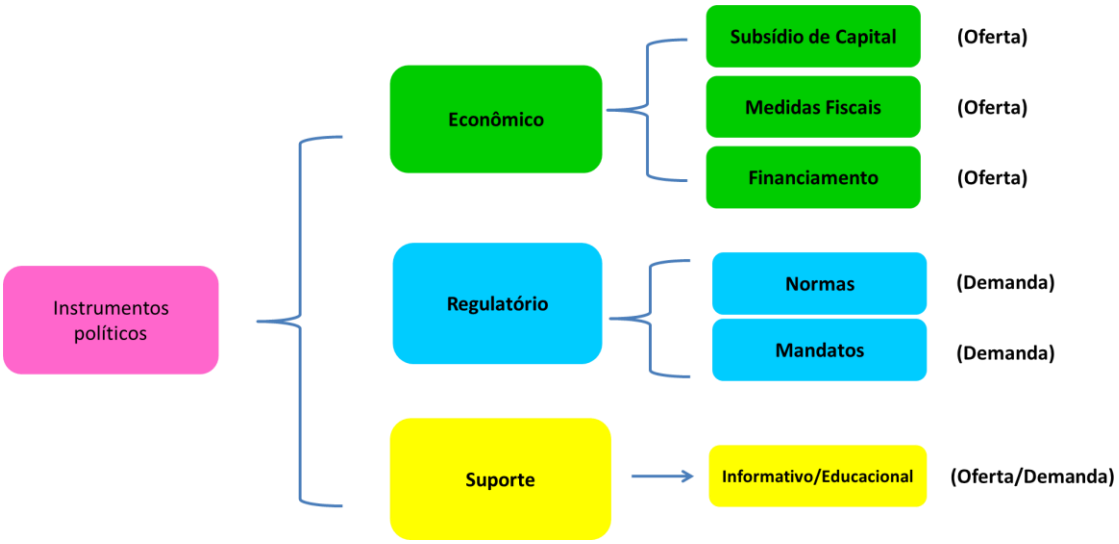


Figura 6: Proposta de nomenclatura para identificação dos instrumentos políticos nas políticas selecionadas. Fonte: Elaboração própria

II. *Driver* político

As políticas são desenvolvidas visando alcançar um ou mais objetivos previamente estabelecidos, de tal forma que toda política possui metas a serem alcançadas, as quais derivam dos seus objetivos, que foram definidos no momento do planejamento da política. Para essa dissertação, o objetivo político permite identificar as possíveis direções que estão sendo encaminhadas pelas políticas, através do reconhecimento das diferentes preocupações que foram surgindo no decorrer dos anos.

Ressalta-se que a identificação do *driver* político foi realizada pela leitura dos documentos das políticas. Sendo assim, por se tratar de extensos e diferenciados padrões de documentos, uma interpretação subjetiva foi feita para que se conseguisse classificar o *driver* da política. Alguns trechos dos documentos analisados são mostrados a seguir como exemplos de como se chegou à classificação adotada.

- *Biomass Research and Development Act of 2000:*

> …o objetivo é promover o desenvolvimento e a utilização de culturas agrícolas para a conversão em produtos industriais de base biológica de forma a garantir o desenvolvimento de economias rurais mais saudáveis, fornecimento seguro de alimentos e matéria-prima para os bioprodutos, geração de emprego, desenvolvimento de energia para a área rural,… diversificando as opções de recursos energéticos e avançando na disponibilidade e uso generalizado de energia eficiente na área rural… (DOE, 2014).

O trecho sugere um destaque e uma preocupação da política em promover o desenvolvimento da área rural juntamente com o desenvolvimento das energias renováveis.

- *Section 1703/1705 Loan Guarantee Program*:

> ...o objetivo da política é desenvolver as energias alternativas nos Estados Unidos pela garantia do desenvolvimento de sistemas de energia renovável, sistemas de transmissão de energia elétrica e biocombustíveis de ponta ...através do apoio aos projetos e tecnologias inovadoras de energia limpa que normalmente não conseguem obter financiamento privado convencional... (DOE, 2015).

O trecho, nesse caso, deixa claro o objetivo político em promover o desenvolvimento das energias renováveis.

- *US Climate Action Plan:*

> …o plano tem por objetivo a redução da poluição por carbono na América, para proteger a saúde e levar as fontes de energia para áreas mais limpas… Preparar também os Estados Unidos para os impactos da mudança climática e torná-lo líder nos esforços internacionais para combater tais mudanças. (DOE, 2014).

Existe aqui, a evidência de um esforço em garantir um desenvolvimento sustentável mais forte.

- *Energy Independence and Security Act of 2007:*

> …a EISA objetiva levar os Estados Unidos a uma maior independência e segurança energética, desenvolvendo a produção de combustível renovável, melhorando a economia de combustível dos veículos e melhorando o desempenho energético do Governo Federal… Garantir o desenvolvimento sustentável pelo incentivo às pesquisas e implementações de opções de captura e armazenamento de gases do efeitos estufa… (EPA, 2016).

A política em questão, traz logo de início no documento a preocupação e seu objetivo em garantir a segurança energética do país e também o desenvolvimento sustentável.

Assim, através de leituras e interpretações como essas, se foi estruturando o quadro de classificação dos *drivers* políticos. A classificação utilizada no trabalho é apresentada no Quadro 4 seguinte:

Classificação	*Driver* Político
Desenvolvimento da Área Rural/Agricultura	Políticas que visavam promover o desenvolvimento da área rural e da agricultura, com a geração de empregos e o desenvolvimento social, através de incentivos ao desenvolvimento e cultivo da biomassa para geração de biocombustíveis e bioprodutos, incentivos ao pequeno produtor e as cooperativas agrícolas.
Desenvolvimento das Energias Renováveis	Políticas que visavam o desenvolvimento de maneira mais ampla das energias de fontes renováveis. Sendo políticas mais amplas, destinadas não só ao desenvolvimento dos biocombustíveis e bioprodutos, mas também a bioenergia no geral (energia solar, eólica e etc...)
Sustentabilidade	Políticas voltadas à combater e à prevenir os danos ambientais causados pelo alto consumo de combustíveis fósseis e pelas altas emissões de gases do efeito estufa.
Segurança Energética	Políticas voltadas a assegurar ao país a reserva e o conhecimento de energia necessários para garantir a independência energética do país, através do incentivo as fontes renováveis de energia.
Desenvolvimento Econômico	Políticas voltadas ao desenvolvimento econômico do país em seu sentido mais amplo, através de incentivos ao desenvolvimento das energias renováveis, da busca por geração de emprego, do desenvolvimento financeiro e social do país. (Recuperação da Crise Econômica de 2008)

Quadro 4: Classificação do *driver* político utilizado no trabalho. Fonte: Elaboração própria.

Para algumas políticas foram identificados mais de um *driver*, o que era de se esperar, visto que estes são complementares. Na tabela, o primeiro *driver* apontado foi considerado como o mais relevante, aquele que estava mais presente no documento da política e que foi, nesse caso, entendido como o mais enfatizado, como exemplificado nos trechos destacados anteriormente.

III. Tipos de atores e setor alvo

Para fins de classificação neste trabalho, os atores correspondem aos elementos a que a política se dirige, ou seja, todas aquelas entidades que podem se candidatar para receber o apoio político ou serem afetados diretamente por ela de alguma forma (empresas, centros de pesquisa, laboratórios, universidades, a sociedade e etc). Essa classificação também agrupa, de forma mais ampla, os setores favorecidos, como agrícola, de biocombustíveis, academia (P&D) e outros, que estarão sendo desenvolvidos e/ou beneficiados com a política.

Como visto no capítulo 3, o desenvolvimento do Etanol 2G traz consigo uma nova base de conhecimento e, portanto, novos atores. No capítulo citado, é possível verificar diferentes empresas que de uma forma ou outra estão relacionadas com o desenvolvimento do Etanol 2G. Assim, as políticas podem proporcionar, e porque não, facilitar, a entrada desses novos atores, que até então não pertenciam à cadeia do Etanol 1G.

A pesquisa desta dissertação não se concentrou em identificar as empresas, os laboratórios, as pesquisas e as instituições de ensino que conseguiram obter, de fato, o apoio político, nem quanto cada instituição recebeu em recursos financeiros. Tratou de uma maneira geral quais os tipos de atores poderiam se beneficiar, para assim observar a abrangência da política, se a mesma se limitava ou não a um tipo específico de ator, sugerindo a participação de mais de um setor.

IV. Agências envolvidas

A agência envolvida consiste no órgão representante do governo federal responsável por propor as políticas, coordená-las e/ou executá-las. Ressalta-se que diferentes agências podem estar envolvidas no processo de elaboração e execução das políticas, mas que este trabalho não irá fazer esta diferenciação.

É interessante buscar a compreensão dos agentes e instâncias que elaboram e executam as políticas públicas no âmbito do governo federal porque isso indica o interesse do Estado e a importância estratégica dessa atividade na agenda política do país (PEREIRA, 2015).

Dessa maneira, conseguir identificar a diversidade entre os órgãos federais envolvidos nas políticas analisadas pode ser uma interessante ajuda para o momento em que houver um possível conflito de objetivos e assim, determinada incoerência. Isso porque, as agências envolvidas naturalmente se ligam a atividades e setores distintos, com interesses diversos.

A Figura 7, mostra de maneira bastante simplificada o envolvimento dos atores, instituições, e de suas relações com o Governo Federal dos Estados Unidos.

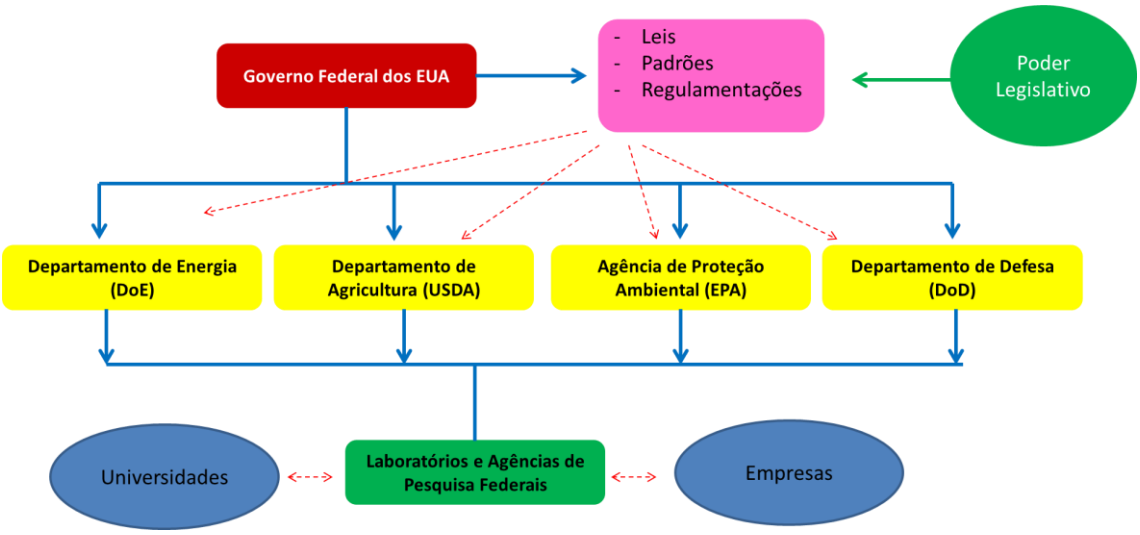


Figura 7: Esquema simplificado da subordinação entre os principais agentes federais. Fonte: Adaptado de Pereira, 2015.

As principais agências subordinadas ao Governo Federal dos Estados Unidos são: (i) Departamento de Energia (DoE), que realiza investimentos em P&D na área de energia, além de possibilitar empréstimos ou garantias para projetos financiados que atendam interesses na área; (ii) Departamento de Agricultura (USDA), que cuida do setor agrícola estadunidense, desenvolvendo políticas e parcerias que garantam os interesses do setor. O USDA provê garantias de benefícios para projetos que tenham como objetivo o desenvolvimento de inovações no campo dos biocombustíveis, sobretudo no que tange à disponibilidade de biomassa; (iii) Agência de Proteção Ambiental (EPA), encarregada de proteger a saúde humana e ambiental. Partem dela os esforços nacionais para reduzir os riscos significativos associados a esses elementos. A EPA, dentre outras atividades, estabelece padrões referentes aos biocombustíveis e também atua na função fiscal acompanhando o cumprimento (ou não) das medidas estabelecidas. (iv) Departamento de Defesa (DoD), que é responsável pela coordenação e supervisão das agências e funções do governo relacionadas com a segurança nacional.

Esses órgãos podem ser vistos como os principais membros apoiadores do Governo que mais possuem relações diretas com o fomento à produção e inovação a biocombustíveis, e em especial ao Etanol 2G no país, nas diversas leis e regulamentações relacionadas ao tema (PEREIRA, 2015). Todavia, como mostrado na Figura 7, as leis, os padrões e as regulações definidas tanto pelo poder legislativo como pela própria presidência afetam de forma direta as atitudes a serem tomadas pelas agências anteriormente citadas. Afetam também laboratórios e agências subordinados,

que realizam atividades e possuem projetos em parceria com empresas privadas, universidades e outros agentes envolvidos na atividade. Assim, buscar a identificação das agências envolvidas em cada política pode permitir uma melhor compreensão, pela função de cada agência, acerca dos objetivos que visam ser alcançados.

V. Matérias-Primas / Tecnologias

A análise das matérias-primas juntamente com as tecnologias permite identificar se as políticas direcionam o desenvolvimento do Etanol 2G para um determinado caminho, o que poderia em certo grau restringir ou estimular o uso de determinada matéria-prima e/ou determinado desenvolvimento tecnológico para a produção desse biocombustível.

A classificação quanto à matéria-prima é a seguinte: 1) Biomassa – nesse caso a política não especifica o tipo de biomassa que deve ser utilizada, o que sugere um caminho "livre" para se utilizar qualquer tipo de biomassa na produção dos biocombustíveis e bioprodutos. 2) Biomassa (fora o amido de milho) – nesse caso a política não diz o tipo de biomassa a ser utilizada, entretanto restringe sua utilização, descartando aquelas que venham a competir com o alimento. 3) Biomassa Lignocelulósica – nesse caso a política é específica para o material lignocelulósico a ser utilizado na produção de biocombustíveis e bioprodutos.

Quanto à classificação das tecnologias, o trabalho se deteve a explorar a diversidade de tecnologia que estava sendo incentivada e não o tipo específico de tecnologia que era estimulado, como por exemplo, conversão bioquímica ou termoquímica, tipos de tecnologias de pré-tratamento, etc. Nesse caso, não houve a identificação de tecnologias específicas que eram estimuladas pelas políticas, até porque os documentos analisados não traziam essa informação de forma clara. O que a classificação aponta é a diversidade tecnológica incentivada, como: 1) Biomassa, Pré-Tratamento, Conversão – políticas que incentivavam o desenvolvimento de tecnologias capazes de melhorar, especificamente, esses processos, nesse caso as políticas eram bem claras no apoio a essas tecnologias. 2) Tecnologia para a produção de biocombustível – nesse caso as políticas incentivavam o desenvolvimento tecnológico de maneira mais ampla, sem especificar que processo deveria ser melhorado tecnologicamente. Para esse caso, no documento da política não havia nenhuma citação da tecnologia a ser incentivada. 3) Infraestrutura de distribuição – as políticas estavam voltadas a estimular tecnologias voltadas ao desenvolvimento da infraestrutura para a distribuição do biocombustível

produzido. 4) Automotiva – a política, nesse caso, se restringiu a incentivar o desenvolvimento tecnológico de motores automotivos mais eficientes no uso de biocombustíveis.

VI. Estágio na cadeia de valor

Cada etapa da cadeia de produção de Etanol 2G é importante para que os gargalos tecnológicos, mercadológicos e ou relacionados à infraestrutura possam ser superados de forma a garantir a produção em escala do biocombustível, e também para que este alcance o mercado e tenha sua aceitação garantida. Para isso, o cumprimento das etapas da cadeia de valor pode ser conquistado pela ação das políticas públicas. A Figura 8 apresenta, de forma resumida, as três etapas da cadeia de valor do Etanol 2G que precisam ser estimuladas para permitirem o desenvolvimento efetivo do biocombustível:

Figura 8: Esquema simplificado da cadeia de valor do Etanol 2G.
Fonte: Elaboração própria

Assim, a análise dessa variável permite que se verifique se as políticas foram capazes de atingir toda a cadeia de valor do Etanol 2G, desde o fornecimento da matéria-prima até a disponibilização do produto no mercado, cobrindo assim os desafios que foram aparecendo nessas diferentes etapas.

VII. Especificidade para o Etanol 2G/Produtos

Conseguir identificar se a política estava voltada ou não para o desenvolvimento exclusivo do Etanol 2G, permite verificar se as políticas se preocuparam em estimular apenas o desenvolvimento desse biocombustível em relação aos demais, principalmente, frente ao Etanol 1G, ou se elas estão estimulando o desenvolvimento dos biocombustíveis de modo geral e dos bioprodutos. Com isso, pretende-se visualizar a forma como o conjunto de políticas norte-americano está lidando com a importância do desenvolvimento do Etanol 2G, como que o mix enxerga esse biocombustível. Se, de fato, as políticas se preocupam em desenvolver o Etanol 2G em detrimento dos outros biocombustíveis, apostando nele como um biocombustível mais promissor futuramente, enxergando-o como o produto de destaque e de importância para o desenvolvimento energético futuro do país. Ou se elas estão preocupadas em apostar em todos os biocombustíveis, sem ter ainda a ideia de qual deles se destacará e tomará sua devida importância.

O Quadro 5 resume as sete variáveis e a justificativa de como cada uma delas permitirá que a análise das políticas seja feita.

Variáveis	Importância na Análise
Instrumentos / Objetivo dos Instrumentos	Permite verificar como as políticas foram se direcionando com o tempo. Por exemplo, se no começo eram de oferta voltadas para a tecnologia, se desde o começo houve uma política de demanda e como, de fato, as políticas se estruturaram para incentivar o desenvolvimento do biocombustível
Drivers Políticos	Permite identificar as possíveis direções que estão sendo encaminhadas pelas políticas, através do reconhecimento das diferentes preocupações que foram surgindo.
Tipos de Atores / Setores	Permite identificar quais entidades puderam ser beneficiadas pela política. De maneira tal, que torna-se possível reconhecer a entrada ou não de diferentes atores. E assim conseguir observar a abrangência da política, se ela se limitava a um tipo de ator ou não, atingindo apenas um setor ou mais.
Agência Envolvidas	Buscar identificar as agência envolvidas nos processos de elaboração e execução das políticas, permite compreender a função de cada agente no âmbito da política. O que ajuda para o momento em que houver um possível conflito de objetivos e assim, determinada incoerência.
Matérias-Primas / Tecnologias	Permite identificar se as políticas tendencionam o desenvolvimento do etanol 2g para um determinado caminho. O que poderia acabar restringindo o uso de determinada matéria-prima e/ou o desenvolvimento tecnológico para a produção desse biocombustível.
Estágio na Cadeia de Valor	Permite verificar se as políticas foram capazes de atingir toda a cadeia de valor do Etanol 2g, desde o fornecimento da matéria-prima até a estruturação da demanda e da oferta. Cobrindo assim, os desafios que foram aparecendo.
Específica para Etanol 2G / Produtos	Permite verificar se as políticas se preocuparam em estimular apenas o desenvolvimento do Etanol 2G em relação aos demais biocombustíveis, principalmente, frente ao Etanol 1G , ou se elas estão estimulando o desenvolvimento dos biocombustíveis de modo geral.

Quadro 5: Variáveis analisadas e suas respectivas importâncias para a análise
Fonte: Elaboração própria

4.2. As políticas de incentivo ao Etanol 2G dos EUA

O interesse na produção de etanol a partir da biomassa, como o amido de milho, surgiu, nos Estados Unidos na década de 1970 quando o preço do combustível fóssil aumentou e o metil terciário de éter butílico (MTBE) utilizado como aditivo na gasolina foi identificado como um agente poluente ambiental. Além disso, a vontade dos EUA de permanecerem independentes do petróleo estrangeiro de alto preço, levaram o governo federal a implementar novos programas de pesquisa direcionados ao desenvolvimento

de combustíveis alternativos mais sustentáveis, provenientes de fontes renováveis (GRIFFIN *et al.*, 2016; JANSSEN *et al.*, 2013).

Entretanto, apesar do interesse não tão recente no etanol, foi a partir dos anos 2000 que os Estados Unidos começaram a demonstrar um alto nível de interesse na produção de etanol de primeira (a partir do milho) e segunda geração (BALAN *et al.*, 2013; BROWN *et al.*, 2013). A partir de então, vários momentos decisivos foram importantes para o desenvolvimento do setor no país, como por exemplo, a reunião de novembro de 2007 da Junta de P&D de Biomassa do Departamento de Agricultura, um momento decisivo no redirecionamento do financiamento federal para a pesquisa de biocombustíveis (REGALBUTO, 2011). Em 2009, a produção de etanol continuou aumentando, chegando a aproximadamente 11 bilhões de galões (41 bilhões de litros). No ano seguinte, em 2010, os EUA se tornaram o principal produtor e exportador mundial de etanol com capacidade de 13,5 bilhões de galões (51 bilhões de litros). Quase 200 usinas produtoras de etanol à base de milho operavam em 29 estados, até o ano de 2012, a maioria delas localizadas no "cinturão de milho" no meio oeste dos Estados Unidos (LIMAYEM e RICKE, 2012).

Nos EUA, por um custo de cerca de duas vezes o de etanol derivado da cana-de-açúcar, o amido de milho é sacarificado e fermentado em etanol (REGALBUTO, 2011). O etanol do milho é, portanto, o biocombustível dominante nos Estados Unidos, com uma produção de mais de 58,15 bilhões de galões só em 2016 (RFA, 2017). Assim, pode-se dizer que o país tem uma indústria robusta de etanol de milho que é impulsionada principalmente pelas políticas públicas do governo, que suportam o custo mais elevado (MILANDEZ *et al.*, 2015).

Entretanto, mudanças recentes no preço do milho impactaram drasticamente o custo de produção desse biocombustível (GRIFFIN *et al.*, 2016). Apesar de não estar claro exatamente quanto do aumento do preço do milho deve-se diretamente ao aumento da produção de etanol, alguns estudos atribuíram uma parcela das mudanças recentes aos biocombustíveis de primeira geração. Em 2014, quase 38% da colheita de milho foi utilizada para a produção de etanol (USDA, 2015), e de certa forma, a questão do impacto sobre os preços dos alimentos básicos surgiu com o aumento rápido dos preços do milho de 2007 a 2009. Este contexto levou à verificação de que a produção de biocombustíveis era responsável por 70% do aumento de preços dos alimentos (GRIFFIN *et al.*, 2016; REGALBUTO, 2011).

Diferentemente do etanol do milho ou da cana-de-açúcar, que possui um custo de produção altamente sensível aos custos da matéria-prima, o custo da produção de etanol lignocelulósico é menos influenciado pelo custo da biomassa, que em sua maioria é baixo, por serem resíduos agrícolas, florestais, urbanos ou industriais. Embora alguns resíduos sejam deixados em terras agrícolas para evitar a erosão e manter o carbono do solo, os únicos custos de obtenção de resíduos agrícolas envolvem coleta, transporte e armazenamento, tornando os resíduos agrícolas uma matéria-prima lignocelulósica promissora, de menor custo e que não sugere a competição com os alimentos (LIMAYEM e RICKE, 2012). Entretanto, ressalta-se que os custos com as logísticas de fornecimento de biomassa ou de distribuição do biocombustível e os custos com pré-tratamento e conversão, acabam refletindo de forma direta no preço do produto no mercado, não o tornando competitivo frente aos outros biocombustíveis, principalmente ao Etanol 1G.

Como já mencionado nos capítulos anteriores, atualmente, a produção de Etanol 2G ainda se encontra em fase de desenvolvimento, apesar das plantas comerciais. E, embora as tecnologias de segunda geração não tenham se desenvolvido tão rápido quanto o esperado pelos mais otimistas, o que se espera é que à medida que a produção aumente, a curto e médio prazo, a diminuição dos custos de produção e o ganho de experiência, reduzam os preços do Etanol 2G de forma a serem mais competitivos no mercado. Frente a isso, os EUA constituem um exemplo onde as abordagens regulatórias para produção e uso de etanol necessariamente mudaram à medida que os estados passaram a adotar programas para enfrentar as mudanças climáticas (GRIFFIN *et al.*, 2016) o que, de certa forma, proporcionou o ganho de experiência do país na produção de Etanol 2G, oportunizando a superação de barreiras.

Mesmo com seus desafios logísticos, de mercado, tecnológicos, entre outros, o Etanol 2G é um importante impulsionador dos combustíveis alternativos derivados da biomassa nos EUA (REGALBUTO, 2011). Ressalta-se, no entanto, que a indústria está em estágio inicial e há uma incerteza considerável relacionada a muitos dos fatores que impulsionarão os preços e os fornecimentos de Etanol 2G no futuro e, posteriormente, o impacto que o sucesso do desenvolvimento tecnológico poderá ter sobre esse biocombustível.

Diante disso, apesar do Etanol 1G ainda ser o principal biocombustível nos Estados Unidos, ele já não é mais uma das principais preocupações das políticas públicas de

incentivo aos biocombustíveis no país. O que se observa é que nas duas últimas décadas os instrumentos políticos têm se diversificado em relação à bioenergia e aos biocombustíveis, se preocupando com o futuro produtivo e inovativo de diversas fontes de energia provindas de matérias-primas renováveis, dentre elas o Etanol 2G (PEREIRA, 2015). Os EUA passaram a adotar uma legislação que proporcionou um estímulo expressivo à produção e consumo desse biocombustível. E foram justamente as políticas adotadas pelo governo americano que permitiram que o país se transformasse no maior produtor mundial de Etanol 1G e 2G, ultrapassando o Brasil (PEREIRA, 2015). Isso só confirma a importância que as iniciativas políticas possuem para incentivar questões essenciais de interesses diversos.

As Tabelas seguintes (Tabela 1 e Tabela 2) apresentam as políticas que se relacionam com o Etanol 2G, implementadas pelos Estados Unidos, que foram obtidas da base de dados IEA/IRENA e as variáveis que serão analisadas no capítulo seguinte. A Tabela 1 apresenta o ano em que cada política entrou em vigor, os instrumentos políticos de cada uma das políticas, o objetivo relacionado a cada um dos instrumentos, os tipos de atores que podem ser beneficiados pela política, o setor envolvido (que será de alguma forma atingido pela política), o *driver* político, que diz respeito ao objetivo mais amplo da política e as agências envolvidas em cada uma das políticas. Já a Tabela 2 engloba a indicação da matéria-prima e estágio tecnológico por parte de cada política, a especificidade das políticas (e os produtos incentivados) em relação ao incentivo ao Etanol 2G e o direcionamento dos instrumentos políticos de cada uma das políticas.

No Anexo I encontram-se as fichas de cada uma das políticas. Elas trazem um breve resumo da política com os seus objetivos, os instrumentos adotados, os atores e setores envolvidos.

Tabela 1 – Políticas norte-americanas de incentivo ao Etanol 2G e algumas das variáveis que fazem parte da análise (Parte I).

POLÍTICA	ANO	PRINCIPAIS INSTRUMENTOS		OBJETIVO	TIPOS DE ATORES	SETOR ENVOLVIDO	DRIVER POLÍTICO (Principais)	AGÊNCIA ENVOLVIDA
		ECONÔMICO	SUPORTE					
Biomass Research and Development Act	2000	Concessão de financiamento para as pesquisas básicas em biomassa para a produção de biocombustíveis e bioprodutos; pesquisas sobre tecnologia de processo para superar a recalcitrância da biomassa e pesquisas sobre tecnologias para o pré-tratamento e a conversão enzimática da biomassa	Consultoria: Comitê consultivo para o planejamento estratégico em P&D de biomassa. Concessão de treinamento para engenheiros, futuros cientistas e líderes empresariais no campo de processamento de biomassa	Desenvolvimento tecnológico em biomassa para a produção de biocombustíveis e bioprodutos.	Instituições de ensino superior; Laboratórios nacionais; Instituições do setor privado	P&D; Produção Agrícola, de Biocombustíveis e Bioprodutos	Desenvolvimento da Área Rural / Agricultura e Desenvolvimento das Energias Renováveis	EPA / USDA / DoE
		ECONÔMICO	SUPORTE					
Farm Security and Rural Investment Act of 2002	2002	Concessão de subsídios para fomentar o desenvolvimento de tecnologias novas e emergentes para a produção e o uso de biomassa (incluindo a biomassa lignocelulósica); concessão de subsídios para o desenvolvimento e construção de biorrefinarias capazes de demonstrar a viabilidade comercial de um ou mais processos de conversão de biomassa em biocombustíveis e bioprodutos; concessão de incentivos à compra de biodiesel e etanol	Auxílio/Informação: Disponibilização de informação aos consumidores sobre os biocombustíveis e bioprodutos	Desenvolvimento tecnológico para a produção de biocombustíveis e bioprodutos	Laboratórios nacionais; Instituições de ensino superior; Cooperativas agrícolas; Associações de fazendeiros; Instituições do setor privado	P&D; Produção Agrícola, de Biocombustíveis e Bioprodutos	Desenvolvimento da Área Rural / Agricultura	USDA

POLÍTICA	ANO	PRINCIPAIS INSTRUMENTOS			OBJETIVO	TIPOS DE ATORES	SETOR ENVOLVIDO	DRIVER POLÍTICO	AGÊNCIA ENVOLVIDA
		ECONÔMICO	SUPORTE						
Biobased Research and Development Initiative (BRDI)	2002	Concessão de subsídios a projetos de pesquisa e desenvolvimento sobre biomassa e tecnologias para a produção de biocombustíveis e bioprodutos; assistência financeira aos projetos de demonstração industrial de sistemas melhorados de produção de biocombustíveis	Auxílio/Informação: acesso a orientação estratégica para melhorar a sustentabilidade geral e a qualidade ambiental das tecnologias de biomassa e de produção de biocombustíveis e bioprodutos desenvolvidas		Desenvolvimento tecnológico em biomassa para a produção de biocombustíveis e bioprodutos;	Instituições de ensino superior; Laboratórios nacionais; Instituições do setor privado	P&D; Produção Agrícola, de Biocombustíveis e Bioprodutos	Desenvolvimento da Área Rural / Agricultura e Desenvolvimento das Energias Renováveis	DoE / USDA
		ECONÔMICO	SUPORTE	REGULATÓRIO					
Energy Policy Act of 2005	2005	Concessão de financiamento à projetos de pesquisa e atividades de produção de biomassa e à projetos de pesquisa que visem superar a recalcitrância da biomassa lignocelulósica. Assistência financeira aos projetos de demonstração industrial de produção de biocombustíveis e bioprodutos. Garantia de pagamentos por galão de biocombustível celulósico produzido	Auxílio: patrocínio e auxílio em atividades educacionais e de treinamento identificadas como necessidades críticas de habilidades para o futuro desenvolvimento da força de trabalho nas instalações de pesquisa e desenvolvimento. Acesso à informação e auxílio ao desenvolvimento de um plano estratégico de pesquisa e produção	Mandato: garantia do aumento da quantidade de biocombustíveis a serem misturados à gasolina	Desenvolvimento tecnológico em biomassa para a produção de biocombustíveis e bioprodutos;	Instituições de ensino superior; Laboratórios nacionais; Instituições do setor privado, dentre eles os produtores de biocombustível celulósico localizados em território norte-americano	P&D; Produção Agrícola, de Biocombustíveis e Bioprodutos	Desenvolvimento das Energias Renováveis e Sustentabilidade	Governo Federal

POLÍTICA	ANO	PRINCIPAIS INSTRUMENTOS			OBJETIVO	TIPOS DE ATORES	SETOR ENVOLVIDO	DRIVER POLÍTICO	AGÊNCIA ENVOLVIDA
		ECONÔMICO							
Alternative Fuel Infrastructure Tax Credit	2006	Medida Fiscal: crédito de imposto de 30% do custo para instalação de equipamentos de abastecimento			Desenvolvimento da infraestrutura de abastecimento de etanol, gás natural, propano, hidrogênio, eletricidade e misturas de biodiesel	Revendedores e Proprietários de Postos de abastecimento	Distribuição de Biocombustíveis	Desenvolvimento de Energias Renováveis	IRS
		ECONÔMICO	SUPORTE	REGULATÓRIO					
Renewable Fuel Standard (RFS)	2006	Crédito fiscal por galão de biocombustível adicionado à gasolina e proteção tarifária sobre o etanol importado. Uso de sistemas de créditos comercializáveis, onde as partes obrigadas submetem créditos à EPA que igualam o número de galões em suas obrigações anuais	Auxílio: Acesso à informação, relatórios e estudos realizados pela EPA a respeito do desenvolvimento e produção dos biocombustíveis	Mandato para o estabelecimento de quantidades anuais de biocombustíveis a serem utilizadas, assim o combustível de transporte vendido ou introduzido no comércio dos EUA deve conter um volume crescente de um conjunto pré-determinado de biocombustíveis. Conformidades: estabelecimento de padrões a serem seguidos, determinados pela EPA, referentes aos biocombustíveis. Função Fiscal: Acompanha o cumprimento das medidas e metas estabelecidas	Aumento do consumo de Biocombustíveis	Consumidores e Produtores (indiretamente) de biocombustíveis	Distribuição /Mercado de Biocombustíveis	Desenvolvimento de Energias Renováveis	EPA / USDA / DoE

POLÍTICA	ANO	PRINCIPAIS INSTRUMENTOS		OBJETIVO	TIPOS DE ATORES	SETOR ENVOLVIDO	DRIVER POLÍTICO	AGÊNCIA ENVOLVIDA
		SUPORTE	**ECONÔMICO**					
Green Racing Initiative	2006	Orientação/Informação: elaboração de protocolos a serem seguidos pelos fabricantes de automóveis para o desenvolvimento de motores que tenham o mesmo ou maior desempenho quando utilizam biocombustível. Premiação para incentivar os líderes da indústria automotiva a buscarem soluções comerciais para o uso eficiente com biocombustíveis	Financiamento às pesquisas para o desenvolvimento tecnológico de motores mais eficientes que usem biocombustíveis	Desenvolvimento Tecnológico (tecnologias automotivas)	Indústria Automotiva e seus laboratórios	P&D; Produção de Automóveis	Sustentabilidade	EPA
		ECONÔMICO						
Green Purchasing Affirmative Procurement Program	2006	Compra verde: garantia da aquisição de biocombustíveis e bioprodutos por parte do USDA. Investimento direto pelas regras de aquisição		Aumento do consumo de Biocombustíveis e Bioprodutos	Consumidores e Produtores (indiretamente) de biocombustíveis e bioprodutos	Mercado de biocombustíveis e bioprodutos	Sustentabilidade	USDA
		ECONÔMICO						
Section 1703/1705 Loan Guarantee Program	2006	Incentivos Financeiros: garantia de empréstimos para projetos de energia limpa que apoiam tecnologias inovadoras. O programa de empréstimos autoriza garantias de empréstimos para projetos norte-americanos que iniciaram a construção até 30 de setembro de 2011 e envolvem sistemas de energia renovável, como a produção comercial de biocombustíveis.		Desenvolvimento Tecnológico (escala comercial)	Biorrefinarias; Instituições do setor privado	Produção de Biocombustíveis	Desenvolvimento das Energias Renováveis	DoE

POLÍTICA	ANO	PRINCIPAIS INSTRUMENTOS			OBJETIVO	TIPOS DE ATORES	SETOR ENVOLVIDO	DRIVER POLÍTICO	AGÊNCIA ENVOLVIDA
		ECONÔMICO	**SUPORTE**	**REGULATÓRIO**					
Energy Independence and Security Act of 2007	2007	Concessão de subsídios aos projetos de pesquisa, demonstração e aplicação comercial de tecnologias de produção de biocombustíveis avançados. Concessão de prêmios aos projetos de biorrefinarias (que usam exclusivamente grãos de milho ou amido de milho como matéria-prima para produzir o etanol) que se readaptarem e passarem a tratar a biomassa lignocelulósica	Orientação: fornecimento de informação sobre biocombustíveis e biorrefinarias às partes interessadas. Informação sobre matérias-primas, técnicas de processamento de matérias-primas em biorrefinarias e a infraestrutura de distribuição, mistura, armazenamento e distribuição de varejo necessária para o transporte e o uso dos biocombustíveis avançados	Mandato: estabelecimento de um padrão de combustível renovável obrigatório e um padrão nacional de economia de combustível fóssil	Desenvolvimento Tecnológico e Comercial dos Biocombustíveis avançados	Instituições de ensino superior; Instituições do setor privado; Consórcio que inclua Universidades e a Indústria	P&D; Produção e Mercado de Biocombustíveis avançados	Sustentabilidade/ Segurança Energética	EPA
		ECONÔMICO	**SUPORTE**						
Renewable Fuel Infrastructure Grants	2008	Concessão de subsídios aos revendedores de varejo e atacadistas de combustíveis para motores para auxiliar na instalação, na substituição ou na conversão da infraestrutura de armazenamento e distribuição de biocombustível.	Auxílio: assistência técnica, suporte publicitário e acesso à informação. Projetos que auxiliam os operadores do varejo nos locais de distribuição de biocombustível na conversão de seus equipamentos para permitir o uso expandido dos biocombustíveis		Desenvolvimento de Infraestrutura de Combustíveis Renováveis	Revendedores de Varejo e Atacadistas de Biocombustível	Distribuição de Biocombustível	Desenvolvimento das Energias Renováveis	DoE

POLÍTICA	ANO	PRINCIPAIS INSTRUMENTOS		OBJETIVO	TIPOS DE ATORES	SETOR ENVOLVIDO	DRIVER POLÍTICO	AGÊNCIA ENVOLVIDA
		ECONÔMICO	**SUPORTE**					
Food, Conservation, and Energy Act of 2008	2008	Concessão de subsídios aos projetos de desenvolvimento de tecnologias novas e emergentes para o desenvolvimento de biomassa e para a produção de biocombustíveis avançados. Subsídios destinados a contribuir para o pagamento dos custos de desenvolvimento e construção de biorrefinarias em escala demo, a fim de demonstrar a viabilidade comercial de um ou mais processos de conversão da biomassa em biocombustíveis avançados. Garantia de empréstimos para financiar o desenvolvimento, a construção ou a readaptação de biorrefinarias em escala comercial.	Auxílio/Apoio: programas de apoio ao desenvolvimento dos biocombustíveis avançados. Fornecimento de auxílio à produção de biomassa. Desenvolvimento de análises que forneçam orientação estratégica para a aplicação de tecnologias de biomassa para a produção de biocombustíveis. Desenvolvimento de avaliações sistemáticas do impacto da produção expandida de biocombustível no meio-ambiente.	Desenvolvimento Tecnológico eComercial dos Biocombustíveis avançados	Instituições de ensino superior; Cooperativas Agrícolas; Indústrias privadas; Consórcio que inclua Universidades e a Indústria	P&D; Produção de Biocombustíveis avançados	Desenvolvimento da Área Rural / Agricultura e Desenvolvimento das Energias Renováveis	USDA
		ECONÔMICO						
Grants for Production of Advanced Biofuels	2008	Subsídios de Capital: concessão de subsídios aos produtores de biocombustíveis com maior redução das emissões de GEE. Garantia de empréstimos para o desenvolvimento, a construção e a montagem de biorrefinarias de escala comercial que produzissem biocombustíveis avançados e a concessão de subsídios para a construção de plantas em escala demonstração		Desenvolvimento e avanço da produção de biocombustíveis avançados	Instituições de ensino superior; Laboratórios nacionais; Indústrias do setor privado	Produção de Biocombustíveis avançados	Sustentabilidade	DoE

POLÍTICA	ANO	PRINCIPAIS INSTRUMENTOS			OBJETIVO	TIPOS DE ATORES	SETOR ENVOLVIDO	DRIVER POLÍTICO	AGÊNCIA ENVOLVIDA
Energy Improvement and Extension Act of 2008: Tax Incentives	2008	**ECONÔMICO**			Desenvolvimento e avanço da produção de biocombustíveis	Produtores de Biocombustíveis e Distribuidores	Produção e Distribuição de Biocombustíveis	Desenvolvimento das Energias Renováveis	IRS
		Subsídios foram concedidos aos produtores de biocombustíveis; com uma depreciação de 50% no primeiro ano para as plantas comerciais de etanol de biomassa lignocelulósica para incluir, assim, qualquer planta que produzisse biocombustíveis a partir dessa matéria-prima. Créditos tributários foram concedidos para as instalações de reabastecimento com biocombustível							
Rural Development Biofuels Program	2008	**ECONÔMICO**			Desenvolvimento e avanço da produção comercial de biocombustíveis avançados	Instituições de ensino superior; Laboratórios nacionais; Indústrias do setor privado	Produção de Biocombustíveis avançados	Sustentabilidade / Fortalecimento da Economia Rural	USDA
		Garantias de empréstimos para o desenvolvimento, a construção e a montagem de biorrefinarias de escala comercial. Concessão de pagamentos e prêmios à produtores de biocombustíveis, biorrefinarias e produtores de biomassa							
American Recovery and Reinvestment Act of 2009: Tax-Based Provisions	2009	**ECONÔMICO**			Desenvolvimento Tecnológico para a produção de biocombustíveis	Produtores e Distribuidores de Biocombustíveis, Laboratórios e Instituições de ensino superior	Produção e Distribuição de Biocombustíveis	Desenvolvimento Econômico (Recuperação da Grande Depressão de 2008)	IRS
		Investimento direto em pesquisas para o desenvolvimento de tecnologias de ponta, tecnologias novas e emergentes que garantam uma produção economicamente viável de biocombustíveis. Investimento em projetos para o desenvolvimento e construção de escalas piloto e demonstração de produção de biocombustíveis. Concessão de crédito tributário para o desenvolvimento de instalações de reabastecimento com biocombustíveis							
Executive Order 13514: Federal Leadership in Environmental, Energy and Economic Performance	2009	**ECONÔMICO**	**SUPORTE**	**REGULATÓRIO**	Expansão da redução de energia, tornando a gestão de gases do efeito estufa prioritária para o governo	Instituições de ensino superior; Laboratórios nacionais; Indústrias do setor privado	P&D, Produção de Biocombustíveis, Bioprodutos e Bioenergia	Sustentabilidade	DoE
		Investimento direto, com o financiamento de projetos dedicados à pesquisa, desenvolvimento e produção de energia limpa de forma a garantir a redução das emissões de GEE	Auxílio na elaboração de planos estratégicos para um desenvolvimento sustentável e acesso à relatórios que auxiliem na realização das metas.	Normas e Metas: Estabelecimento de metas para redução das emissões de GEE					

POLÍTICA	ANO	PRINCIPAIS INSTRUMENTOS	OBJETIVO	TIPOS DE ATORES	SETOR ENVOLVIDO	DRIVE POLÍTICO	AGÊNCIA ENVOLVIDA
Cellulosic Biofuel Producer Tax Credit	2009	**ECONÔMICO** Medida Fiscal: crédito fiscal no valor de até US$ 1,01 por galão de biocombustível celulósico que fosse: vendido e usado pelo comprador para produzir uma mistura de biocombustível celulósico no comércio ou na empresa compradora; vendido e usado pelo comprador para revenda no varejo como combustível para veículos motorizados ou usado pelo produtor para qualquer uma das finalidades anteriormente descritas	Aumento da Produção dos Biocombustíveis Celulósicos	Biorrefinarias e Produtores de Biocombustíveis Celulósicos	Produção de Biocombustíveis Celulósicos	Sustentabilidade	IRS
US Climate Action Plan	2013	**SUPORTE** Elaboração de plano de ação climático para orientar a execução das atividades necessárias para a redução das emissões de GEE. O plano consiste em uma ampla variedade de ações executivas como o corte da poluição por carbono nos EUA e a preparação do país para os impactos das mudanças climáticas	Promover o avanço nas reduções das emissões de gases do efeito estufa	Instituições de ensino superior; Laboratórios nacionais; Indústrias do setor privado	P&D, Produção de Biocombustíveis, Bioprodutos e Bioenergia	Sustentabilidade	Governo Federal

Fonte: Elaboração própria, a partir dos documentos das políticas.

Tabela 2 – Políticas norte-americanas de incentivo ao Etanol 2G e algumas das variáveis que fazem parte da análise (Parte II).

POLÍTICA	MATÉRIA-PRIMA	TECNOLOGIAS	ESPECÍFICA PARA E2G	ESTÁGIO DA CADEIA DE VALOR	DIRECIONAMENTO	FOCO DA POLÍTICA	PRODUTO
Biomass Research and Development Act	Biomassa	Biomassa; Pré-tratamento; Conversão	Não	Fornecimento de Matérias-primas / Produção	Oferta	P&D	Biomassa/ Biocombustíveis/ Bioprodutos
Farm Security and Rural Investment Act of 2002	Biomassa	Biomassa; Pré-tratamento; Conversão	Não	Fornecimento de Matérias-primas / Produção	Oferta / Demanda	P&D / Escala de Demonstração / Garantia de Consumo	Biomassa/ Biocombustíveis/ Bioprodutos
Biobased Research and Development Initiative (BRDI)	Biomassa	Biomassa; Pré-tratamento; Conversão	Não	Fornecimento de Matérias-primas / Produção	Oferta	P&D / Escala de Demonstração	Biomassa/ Biocombustíveis/ Bioprodutos
Energy Policy Act of 2005	Biomassa	Biomassa; Pré-tratamento; Conversão	Não	Fornecimento de Matérias-primas / Produção	Oferta / Demanda	P&D / Escala de Demonstração / Garantia de Consumo	Biomassa/ Biocombustíveis / Bioprodutos

POLÍTICA	MATÉRIA-PRIMA	TECNOLOGIAS	ESPECÍFICA PARA E2G	ESTÁGIO DA CADEIA DE VALOR	DIRECIONAMENTO	FOCO DA POLÍTICA	PRODUTO
Alternative Fuel Infrastructure Tax Credit	X	Infraestrutura de distribuição	Não	Distribuição	Oferta	Escala Comercial	Biocombustíveis
Renewable Fuel Standard (RFS)	Biomassa	X	Não	Distribuição/Consumo	Demanda	Garantia de Consumo	Biocombustíveis
Green Racing Initiative	X	Automotivas	Não	X	X	Garantia de Consumo	Automóveis mais eficientes ao utilizar biocombustíveis
Green Purchasing Affirmative Procurement Program	X	X	Não	Distribuição	Demanda	Garantia de Consumo	Biocombustíveis / Bioprodutos

POLÍTICA	MATÉRIA-PRIMA	TECNOLOGIAS	ESPECÍFICA PARA E2G	ESTÁGIO DA CADEIA DE VALOR	DIRECIONAMENTO	FOCO DA POLÍTICA	PRODUTO
Section 1703/1705 Loan Guarantee Program	Biomassa	Tecnologias para a produção de biocombustíveis	Não	Produção	Oferta	P&D / Escala Comercial	Biocombustíveis
Energy Independence and Security Act of 2007	Biomassa (fora o amido de milho)	Tecnologias para a produção de biocombustíveis	Não	Produção	Oferta	P&D / Escala de Demonstração / Escala Comercial	Biocombustíveis avançados
Food, Conservation and Energy Act of 2008	Biomassa (fora o amido de milho)	Biomassa; Pré-tratamento; Conversão	Não	Fornecimento de Matérias-primas / Produção	Oferta	P&D / Escala de Demonstração / Escala Comercial	Biocombustíveis avançados

POLÍTICA	MATÉRIA -PRIMA	TECNOLOGIAS	ESPECÍFICA PARA E2G	ESTÁGIO DA CADEIA DE VALOR	DIRECIONAMENTO	FOCO DA POLÍTICA	PRODUTO
Renewable Fuel Infrastructure Grants	X	Infraestrutura de distribuição	Não	Distribuição	Oferta	Escala Comercial	Biocombustíveis
Grants for Production of Advanced Biofuels	Biomassa (fora o amido de milho)	X	Não	Produção	Oferta	Escala de Demonstração / Escala Comercial	Biocombustíveis avançados
Energy Improvement and Extension Act of 2008: Tax Incentives	Biomassa	X	Não	Produção	Oferta	Escala Comercial	Biocombustíveis
Rural Development Biofuels Program	Biomassa (fora o amido de milho)	X	Não	Produção	Oferta	Escala Comercial	Biocombustíveis avançados
American Recovery and Reinvestment Act of 2009: Tax-Based Provisions	Biomassa	Tecnologias para a produção de biocombustíveis	Não	Produção	Oferta	P&D / Escala de Demonstração / Escala Comercial	Biocombustíveis

POLÍTICA	MATÉRIA-PRIMA	TECNOLOGIAS	ESPECÍFICA PARA E2G	ESTÁGIO DA CADEIA DE VALOR	DIRECIONAMENTO	FOCO DA POLÍTICA	PRODUTO
Executive Order 13514: Federal Leadership in Environmental Energy and Economic Performance	Biomassa	Tecnologias para a produção de biocombustíveis	Não	Produção	Oferta	P&D / Escala Comercial	Biocombustíveis / Bioprodutos /Bioenergia
Cellulosic Biofuel Producer Tax Credit	Biomassa lignocelulósica	X	Sim	Produção	Oferta	Escala Comercial	Biocombustíveis Celulósicos
US Climate Action Plan	Biomassa	Tecnologias para a produção de biocombustíveis	Não	Produção	Oferta	P&D / Escala Comercial	Biocombustíveis / Bioprodutos /Bioenergia

Fonte: Elaboração própria a partir dos documentos das políticas.

4.3. Considerações finais

A compreensão de como as políticas podem influenciar o ritmo e a direção do desenvolvimento do Etanol 2G é importante, principalmente, quando se trata de transições de sustentabilidade (como é o caso dos biocombustíveis e em que se insere o Etanol 2G) que é capaz de perturbar toda uma estrutura já estabelecida em prol de encontrar formas mais sustentáveis de satisfazer as necessidades da sociedade.

Uma série de eventos, portanto, foi responsável por moldar o mercado de biocombustíveis nos EUA e assim, a produção e consumo de etanol no país. Até o ano de 2016, as respostas às mudanças no mercado, o desenvolvimento de novas tecnologias automotivas, os impactos econômicos da introdução desse biocombustível e as mudanças nos regulamentos nascentes nortearam o desenvolvimento do setor no país (GRIFFIN *et al.*, 2016). O Etanol 2G recebeu apoio governamental significativo pelas Leis Federais, sob a forma de subsídios de capital, com o uso obrigatório do combustível, com incentivos fiscais, com programas de empréstimo, concessões e outros requisitos regulamentares (PEREIRA, 2015).

Assim, tendo em vista que neste capítulo foi realizada a busca pelas políticas que de alguma forma incentivaram o desenvolvimento do Etanol 2G nos Estados Unidos, percebe-se que há uma quantidade significativa de políticas, 19 no total, que leva em consideração a busca pelo desenvolvimento e avanço do Etanol 2G no país. Constituem, portanto, um mix de políticas importante para o progresso da produção e comercialização do Etanol 2G norte-americano.

No próximo capítulo será realizada a análise do trabalho, com a elaboração dos diagramas analíticos, que permitam observar então como, de fato, se deu a construção do mix de políticas. Através dos diagramas será possível inferir sobre as principais características do conjunto político formado e sobre a coerência e a consistência. Desse modo, partindo da classificação das políticas identificadas há de ser feito agora, uma investigação de como as variáveis das políticas se comportaram ao longo do período de análise.

CAPÍTULO 5

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo traz a discussão dos resultados obtidos pela análise das dezenove políticas selecionadas para o estudo. Os diagramas apresentados representam os resultados obtidos pela análise das tabelas, anteriormente apresentadas e, dos documentos de cada uma das políticas norte-americanas de incentivo aos biocombustíveis, dentre eles o Etanol 2G. Primeiramente, as variáveis foram analisadas individualmente na busca por algum direcionamento que possa ter sido delineado ao longo do tempo. Em seguida, fez-se uma discussão sobre a percepção de como as políticas desenvolvidas nos últimos dezesseis anos nos Estados Unidos caracterizam o mix político construído no país, enfatizando os conceitos de coerência e consistência (HOWLETT e RAYNER, 2014; KERN e HOWLETT, 2009).

5.1. Análise cronológica das políticas e suas variáveis

A análise da temporalidade das variáveis permite que se identifiquem relações ou tendências ao se explorar a conexão ou cruzamento dos instrumentos, dos objetivos e das demais variáveis. Assim, ao identificar tal temporalidade, as informações obtidas puderam ser relacionadas, o que permitiu discutir sobre a coerência e a consistência das políticas e seus instrumentos dentro do mix político construído. A Figura 9 traz uma disposição cronológica das políticas analisadas. Como se verifica na referida figura, as políticas, a partir dos anos 2000, foram gradativamente sendo introduzidas ao mix. Em alguns anos, como em 2006 e 2008, houve a incorporação de um número maior de políticas ao mix. Segundo o *Renewable Global Status Report – REN21* (2006), o ponto de virada para as políticas de biocombustíveis ocorreu justamente no período de 2005-2006, quando vários países aumentaram dramaticamente os alvos e mandatos para os biocombustíveis (REN21, 2006).

O período de 2005-2008 testemunhou um investimento recorde em nova capacidade de energia renovável devido à concentração de políticas introduzidas nesse período, segundo o REN21 (2016). Pelo relatório, em entrevistas com grandes investidores, empreendedores e desenvolvedores de tecnologias de energias renováveis, a concentração de políticas de incentivo aos biocombustíveis nesse período foi atribuída por alguns ao crescimento das políticas ambientais, por outros à ratificação do Protocolo de Quioto ou ainda por impulsionadores do mercado (como a importância das preferências dos consumidores) (REN21, 2016).

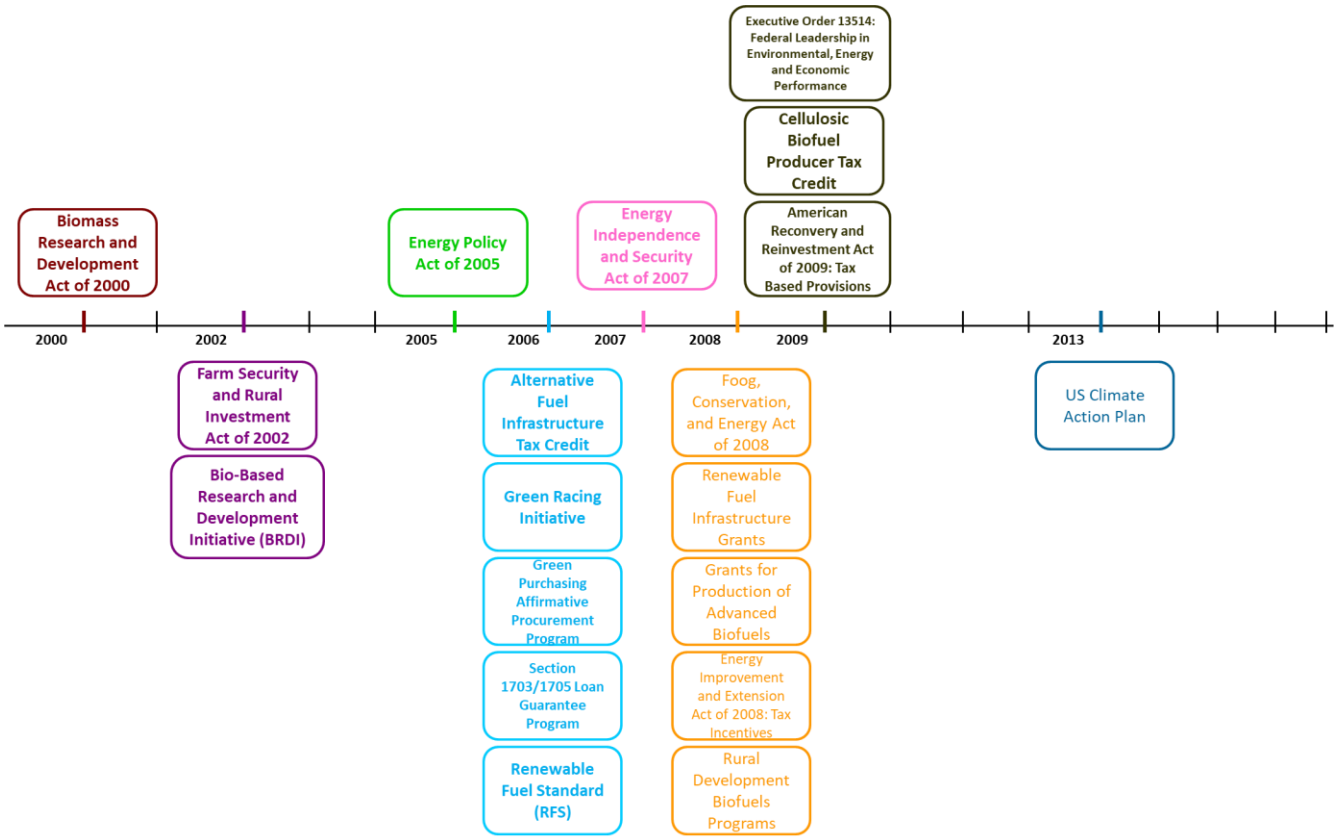


Figura 9: Políticas de incentivo aos biocombustíveis que abordavam o Etanol 2G dispostas em ordem cronológica
Fonte: Elaboração própria.

5.1.1. A temporalidade dos *drivers* políticos

Pelo esquema apresentado na Figura 10, percebe-se que os *drivers* políticos são bastante variados, lembrando que o que está sendo chamado no trabalho de *driver* político é o objetivo principal e mais amplo da política. De acordo com a classificação inicialmente proposta, explicada na metodologia, cinco são os principais *drivers* presentes no mix político analisado.

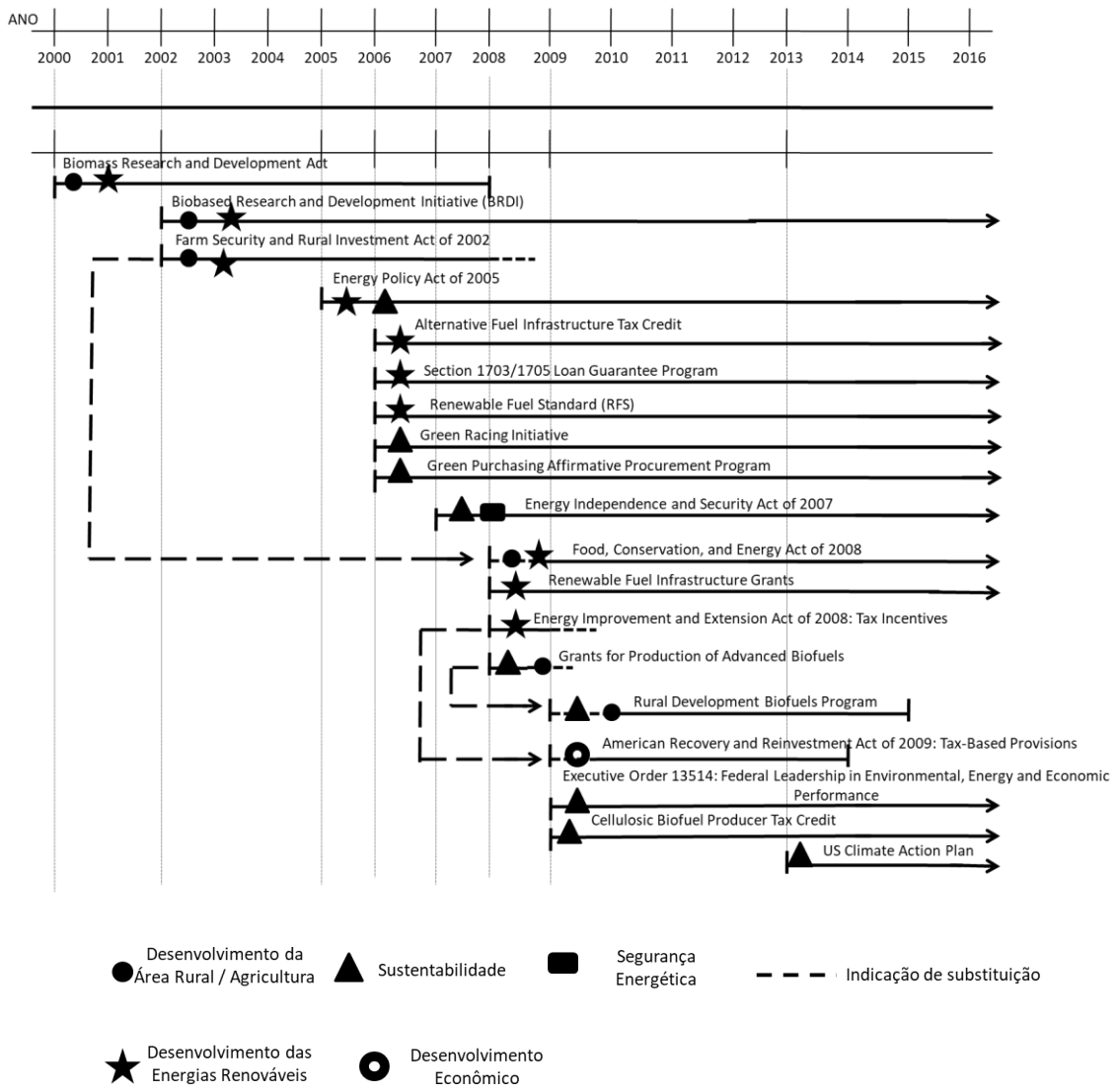


Figura 10: Diagrama dos *drivers* políticos de cada uma das políticas selecionadas.
Fonte: Elaboração Própria.

É possível perceber que em alguns casos a política apresentou (ou apresenta) mais de um *driver*. Nesse sentido, a política teve por objetivo alcançar resultados em diferentes aspectos. Por exemplo, a *Energy Policy Act of 2005* tinha o objetivo de promover o desenvolvimento das energias renováveis e o desenvolvimento sustentável, como é possível identificar nesses trechos do documento da política:

> A Lei de Política Energética de 2005 (P.L. 109-58), assinada pelo Presidente Bush em 8 de agosto de 2005, foi a primeira lei de energia promulgada em mais de uma década. Impulsionada pelo aumento dos preços da energia e pela crescente dependência do petróleo estrangeiro... A nova lei de energia que foi moldada por preocupações concorrentes sobre segurança energética, qualidade ambiental e crescimento econômico, objetiva o desenvolvimento das energias renováveis no país e o consequente desenvolvimento sustentável. (GPO, 2005)

De acordo com a classificação inicial, percebe-se que as políticas apresentam *drivers* distintos. Entretanto, de alguma forma o desenvolvimento e a produção de biocombustíveis estavam presentes para que o objetivo principal fosse então atingido, independente de qual fosse esse objetivo. Por exemplo, quando o objetivo principal foi o desenvolvimento da agricultura, as políticas encontraram no desenvolvimento da biomassa para a produção dos biocombustíveis uma forma de promover o desenvolvimento econômico da área rural. O mesmo ocorre naquelas políticas cujo objetivo era o desenvolvimento de energias renováveis. Nesse caso, o interesse principal era fazer com que as fontes renováveis de energia passassem a fazer parte da matriz energética do país, cabendo e sendo necessário, portanto, o desenvolvimento dos biocombustíveis, entre eles o Etanol 2G.

Pela Figura 10 é possível identificar que poucas políticas foram modificadas no decorrer dos dezesseis anos analisados, o que sugere não haver a necessidade de se propor novas políticas para preencher lacunas que tenham sido, possivelmente, deixadas de lado. Olhando esse aspecto das alterações sob a perspectiva do *driver* político tem-se que o mesmo não se alterou tanto dentro das três substituições ocorridas, o que de certa forma, sugere uma coerência temporal como proposto por Nilsson *et al.*(2012) e Huttunen *et al.*(2014). Nesse caso, percebe-se uma previsibilidade das políticas ao longo do tempo, sem a necessidade de se projetar um processo de ruptura que pudesse vir a causar falta de confiabilidade nos atores para realizar futuros investimentos.

O único caso cujo *driver* político de fato se modificou, quando a *Energy Improvement and Extension Act of 2008: Tax Incentives* foi substituída pela *American Recovery and Reinvestment Act of 2009: Tax-Based Provisions*, correspondeu a uma tentativa do Governo em ampliar seus esforços para promover a retomada do desenvolvimento econômico do país depois da crise econômica de 2008, como sugerem trechos do próprio documento político:

> ... disponibilização de dotações suplementares para preservação e criação de postos de trabalho, investimento em infraestrutura, eficiência energética e ciência, assistência aos desempregados e estabilização fiscal estadual e local, sendo a Lei Americana de Recuperação e Reinvestimento de 2009 criada para impulsionar o emprego e a economia no país... (GPO, 2009).

Entretanto, apesar do diferente *driver* político, a *American Recovery and Reinvestment Act of 2009: Tax-Based Provisions* continuou focando também no desenvolvimento das energias renováveis, como uma das alternativas para promover a recuperação econômica dos EUA. Nesse caso, a política que inicialmente se limitava ao desenvolvimento das energias renováveis como principal objetivo, tornou-se mais ampla e o estímulo do desenvolvimento

das energias limpas passou a ser um dos meios de se alcançar o *driver* político principal, o que, portanto, não sugere uma incoerência política.

A temporalidade dos *drivers* políticos permite supor a construção de um conjunto de políticas, que possui objetivos relacionados diretamente ao desenvolvimento e a produção dos biocombustíveis, mas também objetivos que são mais amplos, como o desenvolvimento da agricultura, o desenvolvimento econômico, o desenvolvimento das energias renováveis e a questão da sustentabilidade. Entretanto, independente do objetivo político, o desenvolvimento do Etanol 2G é tido como um importante meio para se chegar ao objetivo esperado.

5.1.2. A temporalidade dos instrumentos políticos

A análise temporal dos instrumentos políticos permite identificar o emprego, por parte de cada política, de variados instrumentos, caracterizando assim, um conjunto de políticas que faz uso de diferentes instrumentos políticos, sejam eles econômicos, regulatórios ou de suporte, para promover o desenvolvimento direto ou indireto dos biocombustíveis (sobretudo o Etanol 2G), de acordo com o objetivo de cada política, como pode ser visto na Figura 11.

Os instrumentos se repetem ao longo do período analisado em diferentes políticas. Além disso, algumas políticas empregam mais de um tipo de instrumento político, mas o que a análise sugere é que não houve um direcionamento para tipos específicos de instrumentos, havendo, na verdade, uma aposta na diversidade e na complementaridade existente entre os mesmos. Ao longo do tempo, no conjunto de políticas formado, os instrumentos acabam se reforçando, visto que as políticas, em sua maioria, coexistiram no mesmo período. Assim, por exemplo, o subsídio de capital para a construção de plantas comerciais, que fazia parte do *Farm Security and Rural Investment Act of 2002* complementa o desconto no preço de venda do biocombustível proposto pelo *Cellulosic Biofuel Producer Tax Credit*. Dessa forma, os instrumentos vão se reforçando, reafirmando um exemplo de consistência política, de acordo com o proposto por Howlett e Rayner (2014), *apud* Kern e Kivimaa (2016), dentro do conjunto de políticas.

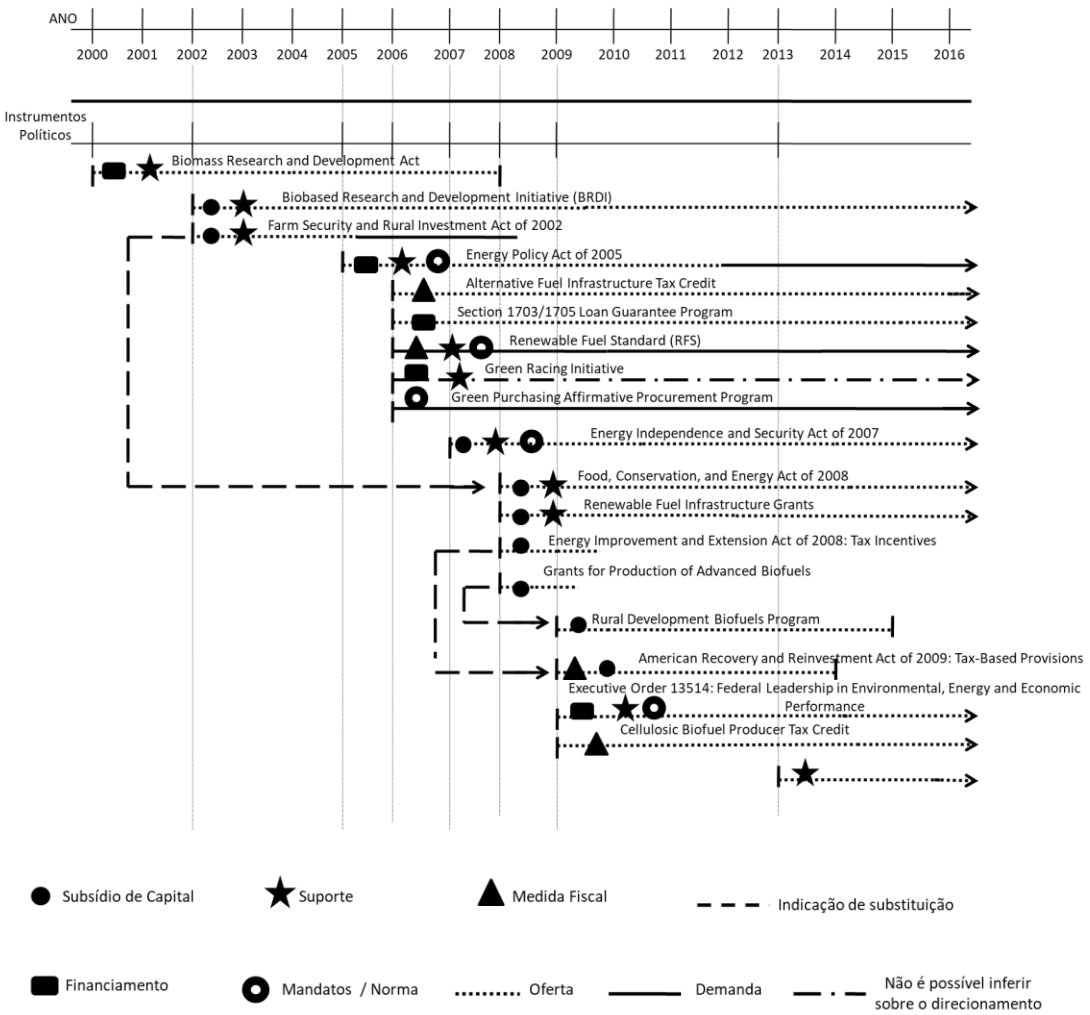


Figura 11: Diagrama dos instrumentos políticos de cada uma das políticas selecionadas.
Fonte: Elaboração própria

Nas políticas que foram substituídas, houve pequenas diferenças em duas das três substituições.

Apesar de não aparecer no diagrama (sendo possível verificar na Tabela 1), a alteração da *Farm Security and Rural Investment Act of 2002* pela *Food, Conservation, and Energy Act of 2008*, caracteriza, como propuseram Kern e Howlett (2009), um processo de conversão da estruturação do mix de políticas. Isso porque novas combinações de instrumentos foram feitas mantendo-se o objetivo principal (*driver* político), na tentativa, de talvez, reduzir os níveis de conflitos, que pudessem estar existindo naquele momento. Para esse caso, a concessão de incentivos à compra de etanol deixou de fazer parte da política, fazendo com que esta que era, inicialmente, de estruturação da oferta e da demanda, passasse a ser uma política só de estruturação de oferta, apenas com instrumentos como: a concessão de subsídios aos projetos de desenvolvimento de tecnologias novas e emergentes para o

desenvolvimento de biomassa e para a produção de biocombustíveis avançados, subsídios destinados a contribuir para o pagamento dos custos de desenvolvimento e construção de biorrefinarias em escala demo, a fim de demonstrar a viabilidade comercial de um ou mais processos de conversão da biomassa em biocombustíveis avançados e a garantia de empréstimos para financiar o desenvolvimento, a construção ou a readaptação de biorrefinarias em escala comercial.

Uma outra mudança foi na incorporação de medida fiscal pela *American Recovery and Reinvestment Act of 2009: Tax-Based Provisions* que substituiu a *Energy Improvement and Extension Act of 2008: Tax Incentives*, que ampliou os instrumentos e passou a conceder crédito tributário para o desenvolvimento de instalação de reabastecimento com biocombustível. Nesse caso, tanto os instrumentos quanto os objetivos se modificaram, sendo, portanto, um processo de substituição, de acordo com Kern e Howlett (2009). Ainda segundo os autores, tal esforço consistente é feito, de certa forma, para reestruturar os objetivos e os instrumentos de maneira mais coerente e consistente eliminando de um lado os elementos antigos e projetando, do outro lado, novos elementos.

Para Howlett e Rayner (2014), a maioria das combinações de políticas existentes se desenvolveu através de camadas e conversões, devido a uma tentativa de corrigir as falhas existentes ou permitir que as políticas se adaptassem às mudanças, muitas vezes resultando em combinações de políticas inconsistentes e incoerentes. Para o caso analisado, observa-se que as alterações no mix de políticas foram relativamente pequenas, o que pode sugerir que desde o princípio sua elaboração foi coerente, não havendo, de fato a necessidade de recorrer a modificações significativas ao longo do tempo.

Quanto ao direcionamento indicado pelos instrumentos políticos, identifica-se que houve uma preocupação desde o início em promover a estruturação da oferta e da demanda, o que é muito importante, porque um conjunto de políticas como esse, como no caso do Etanol 2G, precisa criar incentivos que garantam a produção do biocombustível e também o desenvolvimento do mercado desse biocombustível. Entretanto, é preciso analisar a questão da temporalidade à adequação desses instrumentos, no sentido de perceber como foram sendo introduzidos os instrumentos de oferta e demanda. É possível verificar pela Figura 11 que primeiramente foi dada atenção à estruturação da oferta, para depois inserir políticas voltadas ao desenvolvimento da demanda. Pela Figura 11, observa-se que a primeira política foi proposta em 2000, estruturando a oferta. A partir desse ano as demais políticas todas se preocuparam em continuar desenvolvimento a oferta fosse por instrumentos econômicos de subsídio de capital ou de financiamento.

Em um conjunto de políticas, a combinação de instrumentos de oferta e demanda, como no caso em análise, sugere resultados mais evidentes. Mas cabe ressaltar, que a combinação de instrumentos políticos refere-se, não à combinação aleatória dos instrumentos, mas, mais do que isso, como apontam Constantini *et al.*(2017), refere-se à conexão e harmonia quando ocorrem interações positivas entre diferentes instrumentos, ao equilíbrio entre eles e a sua abrangência, sendo capaz de atender tanto o lado da produção, quanto o lado do mercado. Portanto, essas políticas exercem um maior impacto, com resultados mais evidentes, quando são combinadas entre si com diferentes instrumentos políticos interagindo de maneira equilibrada dentro de uma mesma proposição política (Guerzoni *et al.*, 2015).

Até este ponto da análise, o caso dos Estados Unidos não sugere uma combinação de políticas desconexa que favoreça, por exemplo, políticas de oferta sem um conjunto adequado de instrumentos de demanda que influenciam o comportamento dos consumidores. No caso, mais que isso, os mandatos parecem ter sido fundamentais na estruturação do mercado. Porém, olhando os casos de plantas de Etanol 2G que fecharam ou que não estão operando corretamente e continuamente observa-se que esses resultados não retratam, de fato, o sucesso do mix de políticas proposto.

É natural que ao longo de um processo de elaboração de um conjunto de políticas incoerências e inconsistências apareçam. Um exemplo de incoerência se manifestou na proposição inicial do *Renewable Fuel Standart (RFS)*. Proposto em 2006, a política de estruturação de demanda, que tinha a meta de atingir o consumo de 35 bilhões de galões de biocombustíveis em um primeiro momento, acabou por propor metas de demanda que não conseguiram ser atingidas pela oferta que vinha sendo obtida, havendo assim, a necessidade de se rever as metas para baixo. No entanto, como aponta Breetz (2013), isso foi o resultado de uma decisão meramente política, sem base em modelos científicos advinda da Casa Branca - formulada por analistas do *National Economic Council* (NEC), *Council of Economic Advisors* (CEA) e o *Department of Treasury*, sem familiaridade com o setor energético. Atualmente as metas do *RFS* são revistas anualmente pela EPA, são mais modestas e tendem a acompanhar a oferta, havendo assim, razoável previsibilidade de que sejam cumpridas (BREETZ, 2013).

Essa questão da proposição do *RFS* indica e exemplifica um choque do ponto de vista da regulamentação do caso norte-americano, o que sugere que a presença de instrumentos de oferta e demanda em um conjunto de políticas não garante que os problemas sejam todos solucionados. A proposição política inicial que aparentemente pode ser a mais correta, muitas vezes deve ser revista devido ao dinamismo dado pelo processo, que na verdade vai

além da própria elaboração das políticas. O caso norte-americano sugere que as políticas super avaliaram, ou tiveram uma visão bastante otimista do desenvolvimento tecnológico. Assim, o que pode ter acontecido é que os muitos incentivos iniciais dados à estruturação da oferta podem ter feito com que muitas tecnologias tenham sido colocadas em estágio comercial cedo demais, sem de fato terem sido testadas e experimentadas de maneira suficiente, não estando suficientemente desenvolvidas para garantir a oferta que era prevista (BOMTEMPO e SOARES, 2016).

Ainda em relação à questão levantada anteriormente, ao que tudo indica, muitos dos problemas que surgiram só puderam ser notados já em escala comercial, por exemplo, as dificuldades com o pré-tratamento (BOMTEMPO e SOARES, 2016), a dificuldade na estocagem da matéria-prima, que se não for corretamente estocada pode provocar danos (como o incêndio que aconteceu na GranBio). Dessa forma, por mais que tenha havido uma pressa na estruturação da oferta, essa foi fundamental para que os problemas não antecipados enfrentados pelas empresas tenham sido percebidos. Caso contrário, é possível que esses problemas não tivessem sido diagnosticados.

É natural que falhas aconteçam no processo de estruturação do mix de políticas, por isso as políticas vão sendo ajustadas com o tempo, na medida que as falhas vão aparecendo. E é necessário que haja espaço para o ajuste. Na verdade, um conjunto de políticas deve ser flexível, no sentido de suportar revisões que garantam o melhor resultado possível. Assim, por exemplo, quando se colocam instrumentos para oferta e depois para a demanda, espera-se que o que foi colocado para a oferta aconteça no tempo previsto, não acontecendo, é necessário que haja a revisão. Portanto, a revisão e os ajustes fazem parte do processo de elaboração e manutenção das políticas.

5.1.3. A temporalidade das matérias-primas e tecnologias

O diagrama das matérias-primas e tecnologias pode ser visto na Figura 21. A análise das políticas, não indica que as mesmas sugerem o uso destacado de determinada matéria-prima para a produção do biocombustível.

Ainda com relação à matéria-prima, o que se percebe é que em um determinado momento, a partir de 2007, parece ter surgido a preocupação em relação à utilização de biomassa que possa vir a competir com os alimentos, o que concentrou algumas políticas no desenvolvimento dos biocombustíveis avançados. Além disso, esses biocombustíveis apresentam características mais sustentáveis, o que tem aumentado o interesse por sua produção (EPA, 2017). A exemplo disso tem-se a *Food, Conservation, and Energy Act of*

2008, que apresenta em seu documento trechos sobre a importância dos biocombustíveis avançados:

> ...os biocombustíveis avançados são importantes combustíveis derivados de biomassa renovável que não seja o amido de milho, são produzidos usando tecnologias e processos exclusivos que transformam moléculas da biomassa em hidrocarbonetos como aquelas produzidas em refinarias convencionais. ...os biocombustíveis avançados representam um passo importante à medida que o mundo avança rumo a uma economia mais sustentável, uma vez que são produzidos por biomassa predominantemente não comestível. (USDA, 2008).

A preocupação em relação a essa questão, talvez tenha sido também a justificativa para que a substituição da *Farm Security and Rural Investment Act of 2002* pela *Food, Conservation, and Energy Act of 2008*, tenha restringido o uso da biomassa, excluindo o uso das biomassas de amido de milho. Isso talvez sugira um direcionamento para as matérias-primas que serão utilizadas e entrarão em destaque no futuro. Um possível encaminhamento para a utilização das biomassas que não competem com os alimentos, e para um maior destaque dos biocombustíveis avançados.

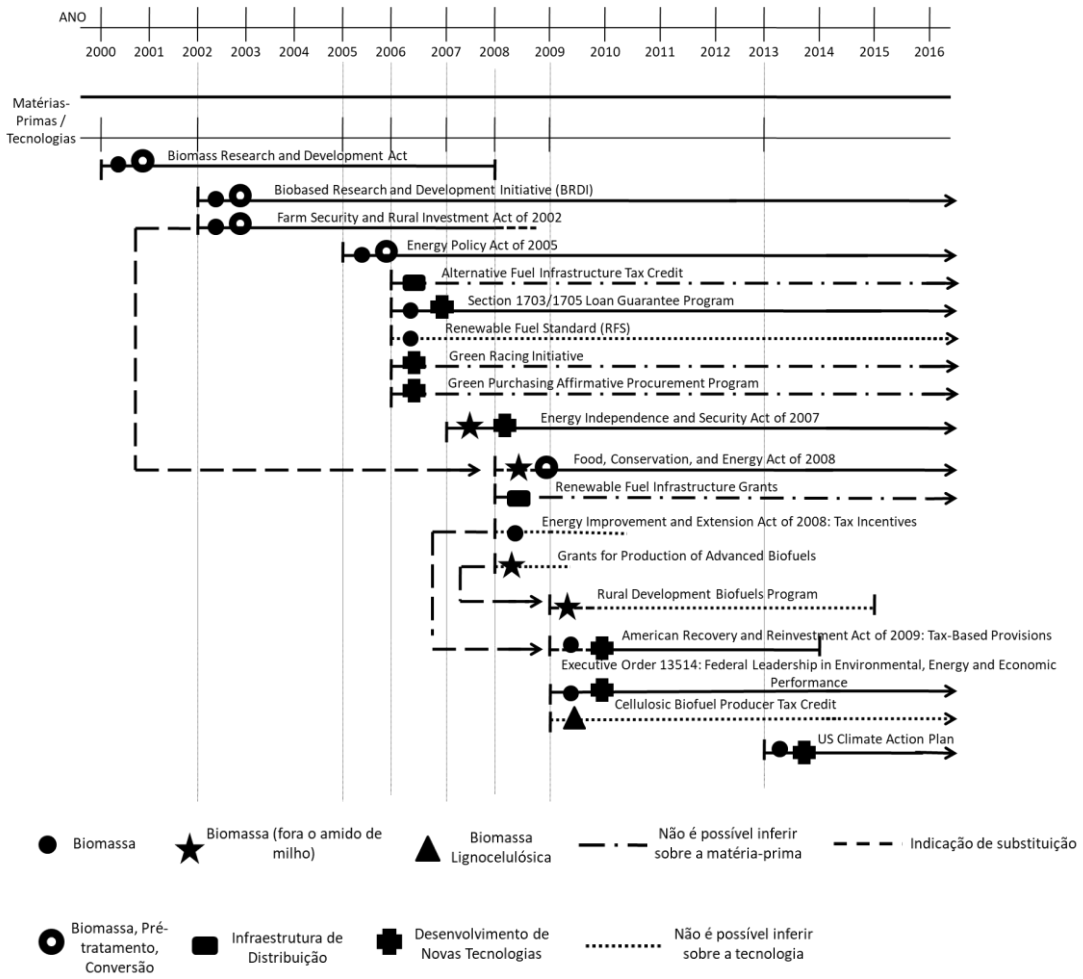


Figura 12: Diagrama das matérias-primas e tecnologias de cada uma das políticas selecionadas. Fonte: Elaboração própria.

Quanto às tecnologias, a análise foi realizada em relação às tecnologias nos diferentes estágios da cadeia de valor que foram sendo incentivadas pelas políticas. A análise não se baseou e não aponta a diversidade tecnológica que é incentivada pelas políticas, uma vez que essas questões não foram identificadas nos documentos de cada uma das políticas analisadas. É possível verificar essa questão nos trechos de alguns documentos, por exemplo, no trecho da *Energy Policy Act of 2005* que coloca de forma bastante generalizada o que pretende em relação às tecnologias:

> ... incentivo ao desenvolvimento de tecnologias avançadas de conversão bioquímica e termoquímica capazes de produzir combustíveis a partir de biomassa competitivas em termos de preços com gasolina ou diesel, tanto em motores de combustão interna como em veículos movidos a célula de combustível... financiamento de projetos para desenvolver não menos que quatro diferentes tecnologias de conversão para a produção de etanol... (GPO, 2005).

Assim como este documento, muitas outras políticas não especificam a rota tecnológica a ser desenvolvida. Como por exemplo, a *Energy Independence and Security Act of 2007* que afirma em seu documento:

> ...doações serão fornecidas a entidades elegíveis para pesquisa, desenvolvimento, demonstração e aplicação comercial de tecnologias de produção de biocombustíveis. ....disponibilidade de incentivos à tecnologias relevantes de produção de biocombustíveis e aplicação comercial de tecnologias e processos que permitam incluir matéria-prima lignocelulósica em biorrefinarias... (GPO, 2007).

Dessa forma não foi possível verificar a ocorrência ou não de um direcionamento em relação à especificação do tipo de tecnologia que deveria ser pesquisada ou aplicada para a produção do biocombustível. Entretanto, apesar de a análise não ter identificado a diversidade tecnológica do ponto de vista das rotas, não se pode afirmar que não haja preocupação política em relação a essa questão. Ressalta-se que não foram analisados o quanto de recurso cada tecnologia ou rota recebeu, o que poderia apontar essa diversidade ou algum direcionamento para alguma tecnologia.

Pela análise nota-se, portanto, que as políticas estavam voltadas e preocupadas em estimular as tecnologias dentro dos diferentes estágios da cadeia de valor. Percebe-se que as políticas incentivavam o desenvolvimento de tecnologias para o cultivo e para processamento de biomassa para produzir o biocombustível e também estavam voltadas para as tecnologias de desenvolvimento de infraestrutura, que seriam as tecnologias voltadas aos processos de reabastecimento do combustível e estruturação de postos de combustível, como

por exemplo mostra esse trecho do documento do *Alternative Fuel Infrastructure Tax Credit*:

> ...concessão de crédito para incentivar o desenvolvimento de tecnologias de instalação de qualquer equipamento alternativo de armazenamento e distribuição de combustível... (IRS, 2007).

Assim, na corrida pelo desenvolvimento e produção dos biocombustíveis, sobretudo o Etanol 2G, não há como afirmar o destaque de determinada tecnologia, nem a etapa que foi mais incentivada tecnologicamente. Até mesmo porque a biomassa e a tecnologia a serem utilizadas estão muito relacionadas, uma vez que a escolha da biomassa restringe a escolha da tecnologia que pode ser empregada. Entretanto, afirmar algo sobre essa correlação exigiria uma análise mais profunda sobre a diversidade das tecnologias que de fato foram incentivadas pelas políticas e que se destacaram dentro do período analisado, o que não foi possível com a metodologia adotada neste estudo.

O que se percebe, portanto, é que as políticas não tentaram restringir um caminho para a produção do Etanol 2G a partir da matéria-prima e que em todo o período analisado o incentivo ao desenvolvimento tecnológico esteve presente, estimulando a busca por rotas de produção cada vez mais eficientes. Com o decorrer do processo de desenvolvimento, espera-se certa convergência tecnológica, visto que com o tempo e o ganho de experiência é natural que algumas tecnologias se sobressaiam. Mas, por enquanto, diferentes matérias-primas e tecnologias estão sendo desenvolvidas e testadas.

5.1.4. A temporalidade do estágio na cadeia de valor

Para o caso analisado, como mostra o diagrama da Figura 13, a cadeia de valor parece ter sido toda estimulada. É possível perceber pelo diagrama que há políticas voltadas para o fornecimento da matéria-prima, para a produção e para a distribuição do biocombustível. Quando atuam em toda a cadeia, as políticas podem ajudar a solucionar os desafios e amenizar problemas existentes. Entretanto, apesar da existência de políticas atuando em toda a cadeia de valor, isso não sugere a superação completa dos desafios, até porque muitos deles acabam só aparecendo no decorrer do próprio desenvolvimento.

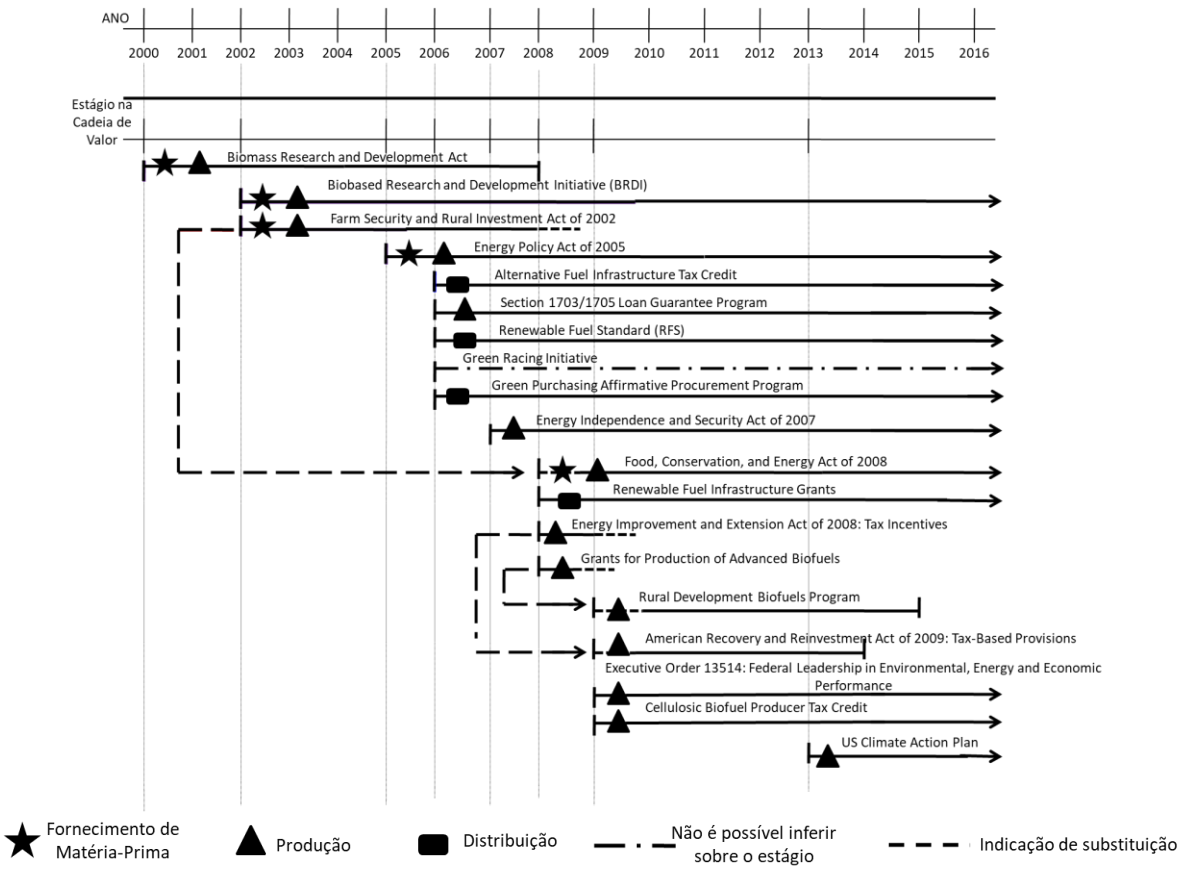


Figura 13: Diagrama do estágio da cadeia de valor estimulado por cada uma das políticas selecionadas. Fonte: Elaboração própria.

Quanto às substituições das políticas (mostrada na Figura 13), percebe-se que elas não acarretaram em nenhuma modificação neste quesito. Ao serem substituídas, as políticas continuaram atuando nos mesmos estágios da cadeia de valor da política anterior. Interessante ressaltar que nos últimos anos do período analisado (Figura 13, a partir do ano de 2008) um grupo de políticas se voltou a incentivar a atividade de produção de biocombustível, levando a suposição de um maior esforço para aumentar a oferta desse biocombustível, talvez porque alguns dos principais desafios do desenvolvimento tecnológico porventura, já tenham sido superados, na visão dos estudiosos e elaboradores das políticas. Esse fato está diretamente relacionado com a análise do foco da política. Como é possível notar, na Figura 14, as políticas que nos últimos anos se concentraram em estimular a produção do biocombustível fizeram isso através de um incentivo maior à construção de plantas comerciais (como é possível verificar no Quadro 2, em “foco da política”). Salienta-se, porém, que essas políticas que incentivaram o desenvolvimento das plantas comerciais, não necessariamente deixaram de manifestar também o incentivo à pesquisa e desenvolvimento (P&D), sugerindo a necessidade ainda de garantir cada vez mais

a busca por tecnologias cada vez mais eficientes e pela superação dos demais desafios tecnológicos ainda existentes.

O estímulo à produção e ao desenvolvimento de plantas em escala comercial é importante para o avanço do processo de produção do etanol 2G. Entretanto, apesar desse esforço político, a realidade parece mostrar que ainda falta desenvolvimento tecnológico e que problemas não antecipados à construção de escala comercial precisam ainda ser solucionados. Por exemplo, muitas empresas vêm enfrentando problemas de engenharia na alimentação do reator de pré-tratamento, caso da GranBio e da Raízen no Brasil, a presença de impurezas como areias e pedras no material dificultam a operação. Além disso, o Project Liberty (uma união da Royal DSM com a Poet) encontrou dificuldades na logística de recolher os resíduos e processá-los antes mesmo de iniciar o tratamento na usina (NOVACANA, 2018). As políticas querem acelerar um processo que ainda não está preparado para isso. Sendo assim, apesar dos incentivos à produção e à construção de plantas de escala comercial, muitas empresas ainda enfrentam problemas e não conseguem operar em continuidade, não sendo capazes de garantir a produção e inclusive saíram do negócio, como a Abengoa e a DunPont.

5.1.5 A temporalidade do foco da política

O conjunto de políticas analisado focou nas diferentes etapas de desenvolvimento e produção do Etanol 2G, como pode ser visto na Figura 14. O foco em pesquisa e desenvolvimento (P&D) esteve presente durante todo o período analisado. Mesmo nas políticas mais recentes essa etapa foi incentivada, o que, de certa forma, sugere o estágio ainda em desenvolvimento do Etanol 2G.

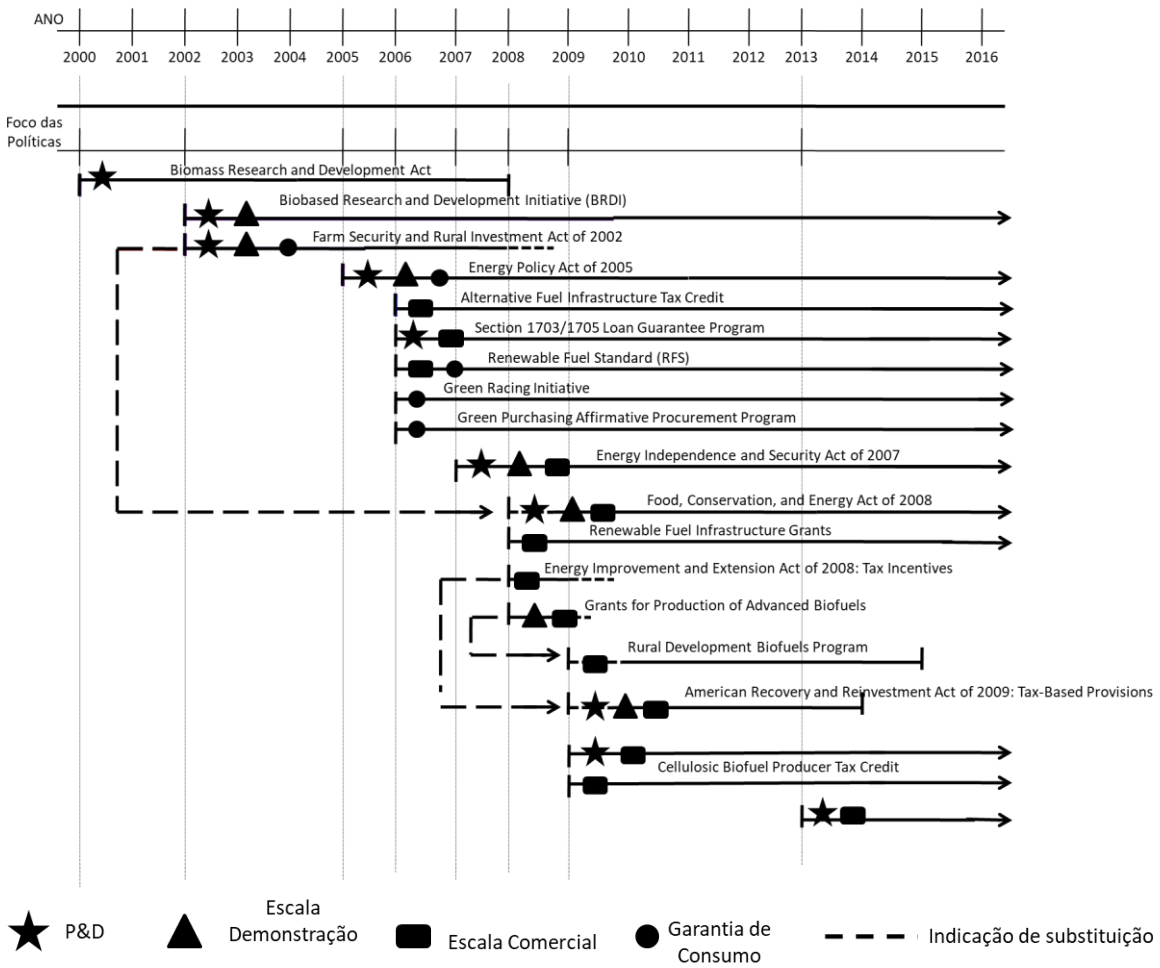


Figura 14: Diagrama do foco dado por cada uma das políticas selecionadas. Fonte: Elaboração própria.

Identifica-se que a maioria das políticas analisadas se preocupou em estimular a escala comercial a partir do ano de 2006, que foi o ano em que o presidente George W. Bush propôs expandir o uso do etanol celulósico. Em seu plano, o presidente pretendia estimular o desenvolvimento de plantas de Etanol 2G, impulsionando a produção desse biocombustível a partir de fontes não tradicionais como lascas de madeira e cascas de frutas cítricas (DOE, 2007).

Muitas das políticas se voltaram para mais de uma etapa de desenvolvimento. Entretanto, o que não foi possível analisar foi se dentro de uma mesma política houve uma periodização em relação ao incentivo que foi concedido, ou seja, a análise não permitiu verificar se as políticas que se propuseram a estimular as diferentes etapas de desenvolvimento e produção do Etanol 2G fizeram isso gradativamente. Começando com os incentivos ao P&D, passando pelos incentivos ao desenvolvimento de plantas de escala demonstração até chegar as de escala comercial. O que os documentos das políticas sugerem é que os incentivos

foram dados simultaneamente para as diferentes etapas de desenvolvimento do processo de estruturação do Etanol 2G, beneficiando assim diferentes tipos de atores.

Entretanto, o processo de se focar ao mesmo tempo nas diferentes etapas pode ter sido um tanto quanto precipitado, no sentido em que o avanço tecnológico e a superação dos desafios parecem não ter sido suficientes para garantir uma produção comercial em larga escala. Isso sugere que a proposição das políticas foi incoerente, pois quis garantir uma produção comercial sem, de fato, ter estruturado bem os passos anteriores de pesquisa e desenvolvimento. Se por um lado, esse fato provoca uma falsa ideia de rápido avanço, ao se promover o estímulo a todos os níveis ao mesmo tempo, na prática uma etapa depende da outra e, portanto, a produção só se torna significativa quando as etapas iniciais são desenvolvidas, o que não significa que as etapas possam ocorrer concomitantemente.

5.1.6. A temporalidade dos tipos de atores

As políticas, durante o período analisado, se voltaram a diferentes tipos de atores, sendo que a grande maioria das políticas esteve direcionada para mais de um tipo de ator. Isso acaba por sugerir uma preocupação em estimular e incentivar os diferentes níveis de desenvolvimento para estruturação da cadeia do Etanol 2G. Mas, mais do que isso, a percepção, por parte do governo, da necessidade e da importância da consolidação de diferentes competências, para o desenvolvimento do Etanol 2G.

Como é possível verificar na Figura 15, existe uma participação bastante variada dos atores que foram ou são beneficiados pelas políticas, o que está relacionado ao estágio de maturidade analisado anteriormente. Do começo ao fim do período analisado, instituições de pesquisa, como laboratórios, instituições de ensino superior foram beneficiadas. E as primeiras políticas apostaram não apenas nos laboratórios ou universidades, mas também em empresas privadas para o desenvolvimento tecnológico.

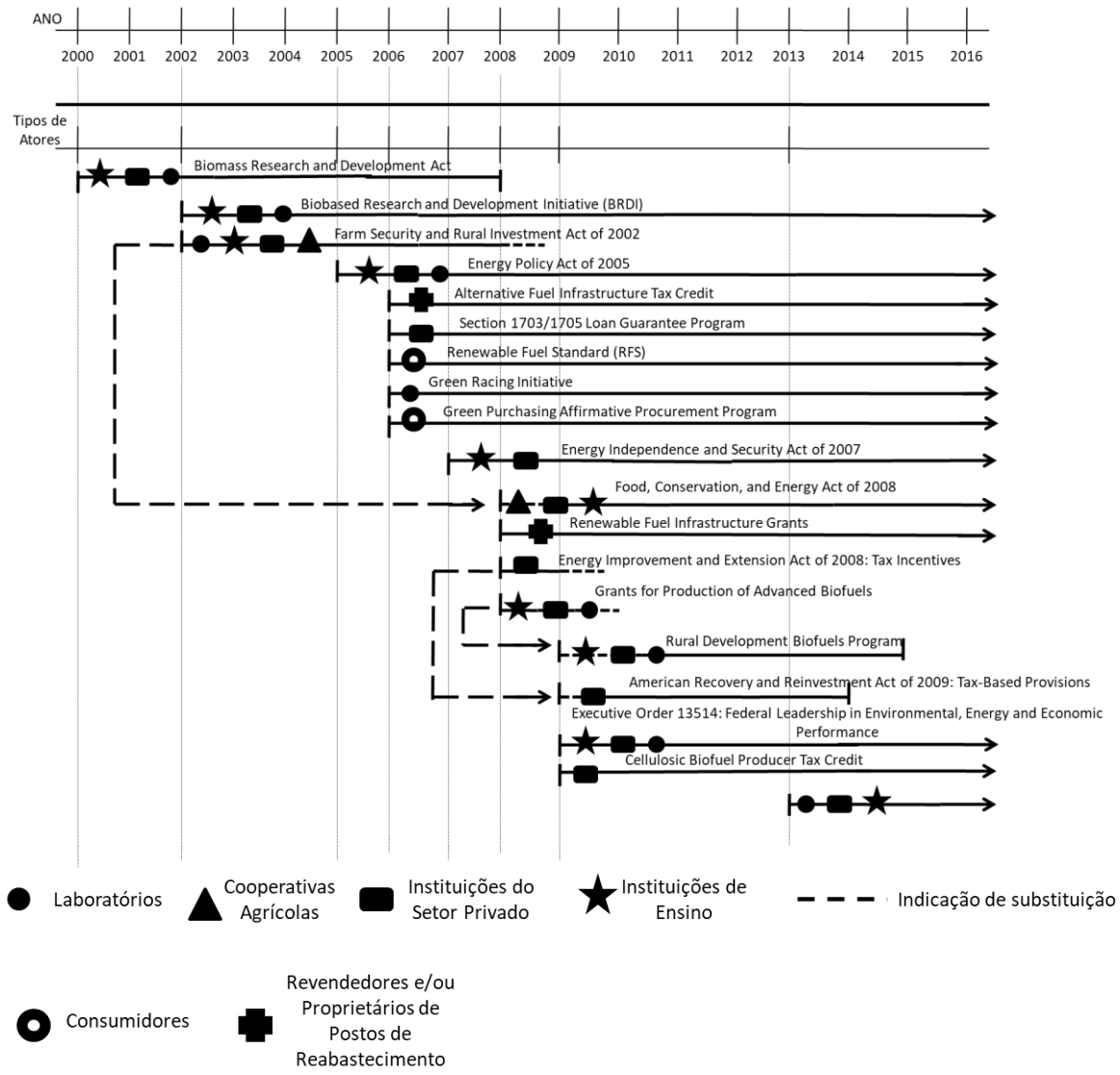


Figura 15: Diagrama dos tipos de atores beneficiados por cada uma das políticas. Fonte: Elaboração própria.

5.1.7. A temporalidade das agências envolvidas

Pela Figura 16, identifica-se a participação de diferentes agências governamentais na elaboração e coordenação das políticas, o que sugere a presença de diferentes domínios como a agricultura, a energia e o meio ambiente, reforçando a ideia de que o processo de desenvolvimento do Etanol 2G tem envolvido vários setores. No caso, diferentes agências com objetivos distintos coordenam políticas que objetivam o desenvolvimento da sua área de atuação. Porém, para isso, precisam incentivar o desenvolvimento e a produção do Etanol 2G e dos demais biocombustíveis, um meio comum das agências para conseguirem alcançar seus objetivos. Um exemplo disso pode ser visto na *Biomass Research and Development Act*, uma lei que envolveu a participação de três agências o DoE, USDA e a EPA. O DoE

visava o desenvolvimento energético, a USDA o desenvolvimento da agricultura e a EPA a proteção do meio ambiente. Assim, o incentivo ao desenvolvimento da biomassa para a produção de biocombustível geraria o desenvolvimento da área rural, o desenvolvimento energético e produção de combustíveis mais sustentáveis. Dessa forma, os interesses das diferentes agências são atendidos por um meio comum. E isso acaba por acontecer com as políticas que envolvem diferentes agências.

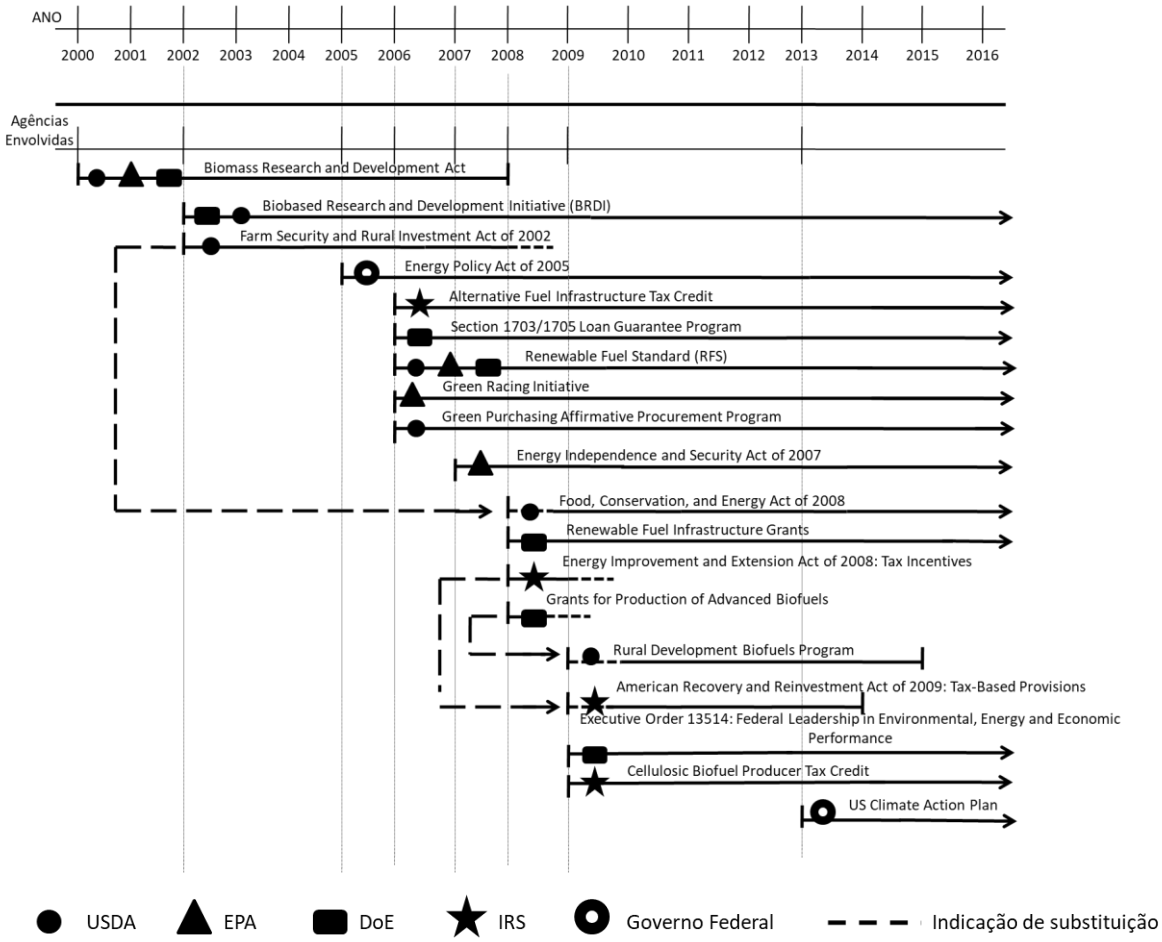


Figura 16: Diagrama das agências envolvidas em cada uma das políticas. Fonte: Elaboração própria.

Na substituição da política *Grants for Production of Advanced Biofuels* pelo *Rural Development Biofuels Program*, houve uma mudança também na agência envolvida que passou do DoE para a USDA. Tal mudança acrescentou o fortalecimento da economia rural ao objetivo político, que anteriormente era apenas a sustentabilidade.

A participação de diferentes agências reafirma a necessidade de conciliar interesses e objetivos distintos e o cuidado que é preciso ter para garantir que não haja incoerência, mas sim a soma dos mesmos. Cabe ressaltar, que é natural que conflitos apareçam, até porque os

objetivos são distintos entre as agências. Quando se analisa o conjunto de políticas construído, percebe-se uma diversidade de agências que sugere, na verdade, que o caminho escolhido foi colaborativo, sem querer que o objetivo de uma agência se sobressaísse em relação ao outro, havendo assim uma integração do conjunto como um todo.

Ao que parece, o esforço foi grande na elaboração das políticas de incentivo ao Etanol 2G nos Estados Unidos. Percebe-se uma preocupação em garantir a pesquisa e desenvolvimento, garantir um estímulo a todas as etapas da cadeia de valor, proporcionar a introdução e cooperação dos diferentes atores no desenvolvimento do processo entre outras ações. Porém, os desafios, como se percebe não foram, de fato, todos resolvidos, apesar de todos os esforços para isso no que diz respeito à construção de um mix de políticas.

5.2. Uma percepção geral das políticas analisadas

O governo, como já pontuado, desempenha um papel crítico no desenvolvimento das energias renováveis, através de políticas, regulando as tarifas tributárias, expedindo mandatos, garantindo a implementação das instalações necessárias, garantindo a evolução de pesquisas importantes, entre outras ações. No período de dezesseis anos (de 2000 a 2016) os Estados Unidos implementaram diversas políticas para incentivar a produção e o consumo de biocombustíveis. Entretanto, poucas estavam voltadas exclusivamente para os biocombustíveis celulósicos. Como mostra a Figura 17, dentre as dezenove políticas selecionadas para o estudo apenas uma, de fato, estava voltada especificamente para a produção de Etanol 2G.

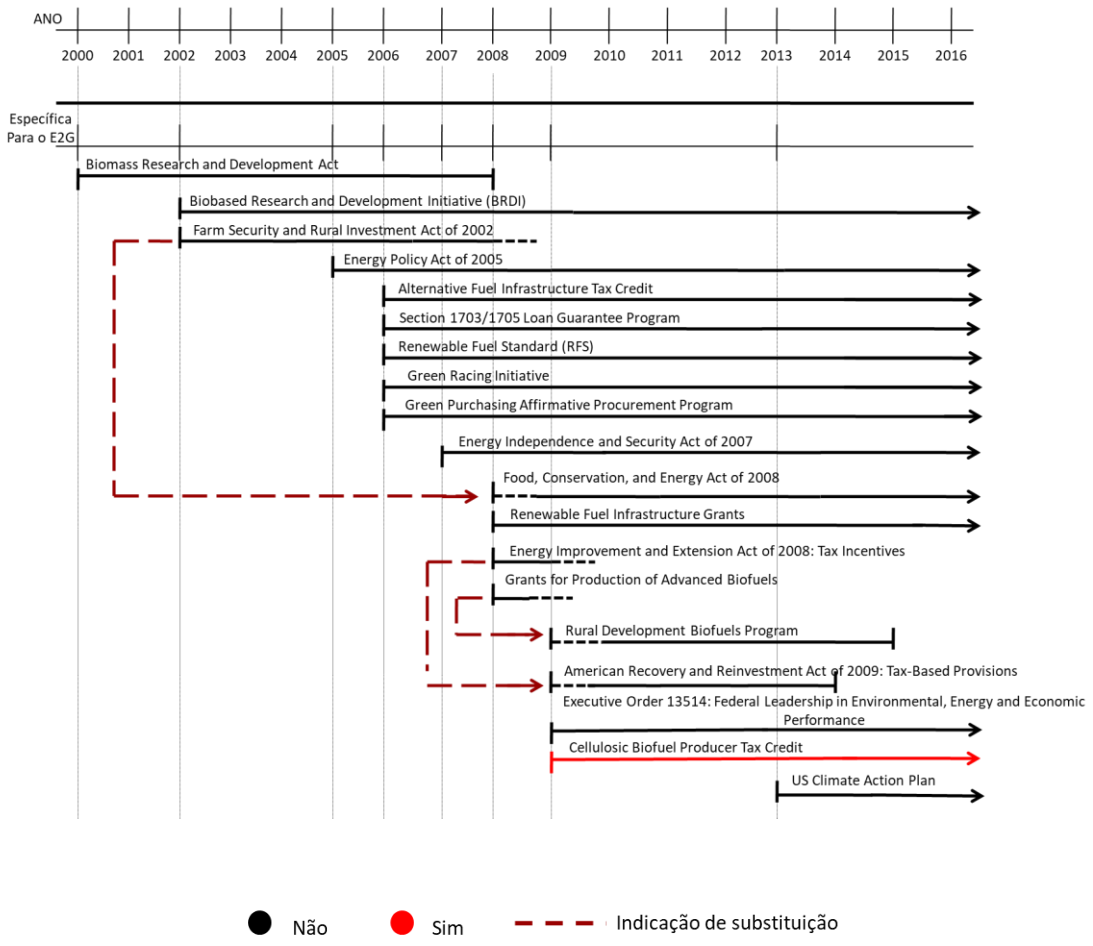


Figura 17: Especificidade da política em relação ao Etanol 2G. Fonte: Elaboração própria.

Como forma, portanto, de incentivar alternativas ao petróleo no setor de transporte, o Estado ofereceu incentivos financeiros para a produção de combustíveis alternativos, incentivos financeiros para apoiar a pesquisa e o desenvolvimento de tecnologias inovadoras e para garantir a implantação de infraestrutura e logística adequadas, além da elaboração de mandatos que exigiam o uso de etanol/biodiesel e o estabelecimento de normas para promover o uso da biomassa e o consumo de biocombustíveis.

Nos Estados Unidos, muitas políticas implementadas encorajaram o agronegócio a se basear também na oferta da biomassa para estimular o crescimento econômico local. Políticas de estruturação de oferta como a *Biomass Research and Development Act of 2000*, *Rural Development Biofuels Programs* e a *Biobased Research and Development Initiative* foram importantes, particularmente nas comunidades rurais que enfrentavam desafios relacionados a mudanças demográficas, criação de emprego, acesso ao capital, infraestrutura, uso da terra e meio ambiente. Essas políticas conseguiram, segundo o relatório do BETO (2016), garantir um maior desenvolvimento da zona rural, com a

expansão da infraestrutura e logística (colheita, manuseio, coleta, transporte, pré-processamento e armazenamento) da produção de biomassa.

O crescimento da indústria de biocombustíveis cria empregos através da construção, operação, manutenção e suporte da planta, ao mesmo tempo em que oferece uma redução de riscos aos agricultores através do intercâmbio e a expansão do mercado. Além da preocupação com o desenvolvimento da área rural e o fornecimento de biomassa para a produção de biocombustíveis, os Estados Unidos também viram a necessidade de implementar políticas que incentivassem a pesquisa e o desenvolvimento tecnológico para viabilizar alternativas ao etanol de milho. Políticas de oferta como a *Grants for Production of AdvancedBiofuels* e a *American Recovery and Reinvestment Act of 2009 – Tax-Based Provisions*, foram fundamentais no desenvolvimento e avanço das novas tecnologias de conversão de biomassa em biocombustíveis de um modo geral, não havendo um foco específico para no Etanol 2G.

Ainda sob a estruturação da oferta, o sistema de distribuição não deixou de ser coberto pelas políticas públicas nos Estados Unidos. Políticas como a *Alternative Fuel Infrastructure Tax Credit* e a *Renewable Fuel Infrastructure Grants* se preocuparam em garantir um sistema de distribuição de biocombustíveis eficiente, ajudando na obtenção de equipamentos e instalação de postos de reabastecimento adequados e no desenvolvimento de infraestrutura para misturas de combustível renovável.

Entretanto, conseguir chegar com o produto no mercado, não significa ter, de fato, ultrapassado todos os desafios; é necessário que haja mercado para aquele produto. Assim, a presença de políticas de estruturação de demanda, como o *Renewable Fuel Standard (RFS)*, a *Energy Independence and Security Act of 2007* e a *Green Purchasing Affirmative Procurement Program* que abrangeram mandatos, metas e obrigações a serem cumpridas para a compra e o uso de biocombustível visavam garantir a formação de um mercado para esses produtos e estimular investidores privados pela garantia de demanda.

A preocupação em desenvolver políticas para reduzir as emissões de gases do efeito estufa acabou buscando as aplicações nos biocombustíveis, sobretudo os avançados, como meio de conseguir reduções direcionadas. É o caso da *US Climate Action Plan*, política que promove ações necessárias à redução das emissões como a construção de um setor de transporte com padrões crescentes de economia de combustível e o desenvolvimento e implementação de tecnologias avançadas, o que promove a produção e o consumo dos biocombustíveis.

CAPÍTULO 6

CONCLUSÃO

O principal objetivo da dissertação foi compreender como se deu a construção do mix de políticas de incentivo ao Etanol 2G, nos EUA, buscando caracterizá-lo quanto à coerência e à consistência políticas, quanto à diversidade dos instrumentos políticos adotados e seu direcionamento em relação à oferta e demanda. Para realizar esse estudo, foi utilizado o caso dos Estados Unidos com o intuito de conseguir visualizar como o maior produtor e consumidor de etanol no mundo atualmente, tem atuado na construção do seu mix de políticas para fomentar o Etanol 2G no país.

Baseando o estudo nas definições de combinações de políticas (CONSTANTINI, 2017; ROGGE e REICHARDT, 2016; KERN e KIVIMAA, 2016) e da busca pela coerência e consistência políticas (HOWLETT e RAYNER, 2014; KERN e HOWLETT, 2009), tem-se que o conjunto de políticas construído no período analisado, de 2000 a 2016, tende a atuar no sentido de superar os desafios existentes no desenvolvimento do Etanol 2G, que vão desde o fornecimento da matéria-prima até a disponibilização final do produto. De fato, com uma combinação de políticas composta por políticas bastante variadas, em objetivos, instrumentos, atores, matérias-primas e tecnologias, o estudo sugere um forte interesse dos Estados Unidos nos avanços tecnológicos e nas possibilidades a serem aproveitadas pela acumulação de conhecimento e a busca pelo desenvolvimento sustentável.

O conjunto de políticas analisado compreende iniciativas que atenderam ou ainda atendem as principais questões relacionadas ao desenvolvimento e produção do Etanol 2G. Esse conjunto mostra uma diversidade entre instrumentos de oferta e de demanda. Além disso, sugere também a preocupação e a necessidade de as políticas estarem presentes em cada estágio da cadeia de valor, a fim de que se contorne e supere os desafios existentes.

A análise temporal das variáveis permitiu perceber que ao longo do tempo as políticas foram se reforçando e se complementando, caracterizando uma coerência temporal e uma consistência dos instrumentos adotados no mix. Quanto às alterações que ocorreram, as mudanças ocasionadas não parecem ter provocado nenhum tipo de incoerência. Mesmo tendo algumas políticas que estavam sob a coordenação de diferentes agências, o que envolvia interesses distintos, as incoerências, se existiram, não foram percebidas nesse estudo.

Apesar de toda a estrutura, inicialmente clara e eficiente, do conjunto de políticas proposto pelo governo dos Estados Unidos, como anteriormente apontado, os desafios não foram totalmente superados. Como se percebe, incentivos à construção de plantas em escala comercial foram e têm sido colocados, sem que o desenvolvimento tecnológico e os desafios iniciais tivessem sido superados. Talvez isso tenha contribuído para que muitas das plantas que foram construídas não estejam conseguindo operar eficientemente. Outro ponto foi a estruturação de uma demanda que não conseguiu ser atingida, porque a oferta do biocombustível não foi suficiente.

Questões como essas mostram que o conjunto de políticas proposto não teve só pontos positivos. Pontos contraditórios existiram e existem, o que é natural em um processo de elaboração de políticas, cabendo reavaliações regulares para que as contradições possam ser resolvidas. Assim, defendendo uma revisão periódica e sistemática da política e, entendendo a política como um processo de construção contínuo, a mudança das políticas desafia as questões de consistência e coerência a todo o momento.

O mix de políticas estudado seguiu o que Kern e Kivimaa (2016), nomeiam de remendo de políticas (*"policy patching"*), onde as políticas foram sofrendo alterações, fosse pelo processo de conversão ou de substituição, como apontado na análise. Entretanto, o que cabe ressaltar é que, como os próprios autores afirmam nem sempre o processo de re(desenho) político acarretará na consistência e na coerência do mix, porque muitos fatores estão envolvidos nesse processo e é natural que pontos de inconsistência e incoerência apareçam. Isto posto, a presença de inconsistência e incoerência torna-se comum no decorrer do processo de estruturação das políticas.

Para concluir, salienta-se o fato de o estudo ter sido feito em relação às políticas públicas norte-americanas. O que não torna possível generalizar o processo ocorrido no caso americano para outros casos de incentivo e desenvolvimento do Etanol 2G em diferentes países. Isso porque o crescimento da produção e o aumento do consumo desse biocombustível estão diretamente relacionados à postura adotada pelo Estado e as demais condições do ambiente característico de cada país, sendo natural que as variáveis que moldam as decisões governamentais se modifiquem de acordo com os cenários econômicos e políticos. Assim, "soluções políticas" consideradas mais adequadas para os EUA, não serão, necessariamente, ideais para outros países, pois as motivações, diferenças e desafios podem afetá-los de forma diferenciada.

O estudo se limitou ao exame dos documentos de cada uma das políticas analisadas. Não fez parte desse estudo uma pesquisa em relação aos resultados específicos já

apresentados por essas políticas. Dessa forma, não foi possível identificar nem afirmar a real eficiência do mix de política proposto, sendo possível apenas caracterizá-lo. E mesmo que se seguisse para a tentativa de identificar resultados específicos, seria bastante complexo. Dado que há muita complementariedade entre as políticas, o que torna difícil isolar seus efeitos.

Ressalta-se, entretanto, que a superação dos desafios para o desenvolvimento do Etanol 2G não ocorre só pela ação das políticas públicas. A estruturação para o sucesso requer a participação de uma ampla gama de atores públicos e privados de diferentes setores, de *stakeholders*, da comunidade científica/pesquisa, das associações comerciais e profissionais, das organizações ambientais, dos bancos (comunidade financeira e de investimento), das empresas estabelecidas, das *start ups*, das organizações reguladoras e também das agências de governo. São todas partes interessadas que possuem perspectivas valiosas que podem ajudar a identificar os desafios mais críticos e definir melhor estratégias para a implantação efetiva do Etanol 2G. Sendo assim, o desenvolvimento do Etanol 2G trata-se de um processo que é influenciado diretamente por uma complexa rede de elementos como empresas, governo, consumidores e etc. E, embora não tenha sido alvo do estudo em questão, o modelo adotado pelos Estados Unidos, que aposta na diversidade de atores, objetivos e instrumentos políticos, traz um desafio em termos de governança.

O trabalho não se atentou em analisar o ambiente, as pressões e influências externas que podem interferir na formulação das políticas, não olhou para a questão geopolítica (e seus conflitos), para a questão energética, ambiental e econômica (como por exemplo, o preço do petróleo) e etc. Porém, todos esses são aspectos fundamentais da paisagem na qual se insere o processo de desenvolvimento do Etanol 2G, porque são influenciadores diretos e indiretos do processo de construção de um mix de políticas. Assim, para trabalhos futuros a sugestão é que se realize um estudo mais amplo de como o mix político enxerga o desenvolvimento do Etanol 2G e como a paisagem pode interferir na construção e alinhamento do pacote de políticas, influenciando no seu processo de transição sociotécnica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADITIYA, H. B., MALHIA, T. M. I., CHONG, W. T., HADI NUR, SEBAYANG, A. H. Second generation bioethanol production: A critical review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**. v. 66, p. 631-653. 2016.

ADVANCED BIOFUELS USA. **Green Racing.** 2009. Disponível em: < https://advancedbiofuelsusa.info/rd-focus/green-racing/ >. Acesso em março de 2018.

ALFENORE, S., MOLINA-JOUVE, C. Current status and future prospects of conversion of lignocellulosic resources to biofuels using yeasts and bactéria. **Process Biochemistry.** v. 51, p. 1747-1756. 2016.

BACOVSKY, D., MABEE, W., WÖRGETTER, M. How close are second-generation biofuels?. **Biofuels, Bioproducts and Biorefining**. v. 4, p. 249-252. 2010.

BAHIA, F. A. C. Estudo do uso de mecanismos de incentivos a autoprodução ou produção independente de energia por meio de fontes renováveis. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2014.

BALAN, V., CHIARAMONTI, D., KUMAR, S. Review of US and EU initiatives toward development, demonstration, and commercialization of lignocellulosic biofuels. **Biofuels, Bioproducts and Biorefining.** v. 7, p. 732-759. 2013.

BALAT, M., BALAT, H. Recent trends in global production and utilization of bio-ethanol fuel. **Applied Energy**. v. 86, p. 2273-2282. 2009.

BERGNER, J. C. The biofuels tax credit. **Biotechnology Law Report**. v. 32, p. 1-2. 2014.

BERTOI, E. F. Análise do incentivos à microgeração distribuída sob a perspectiva da viabilidade econômica dos sistemas fotovoltaicos conectados à rede. Pós-Graduação em Engenharia Mecânica – Universidade federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

BETO – Bioenergy Technologies Office. **Strategic Plan for a Thriving and Sustainable Bioeconomy.** U.S. Department of Energy – Energy Efficiency and Renewable Energy. 2016.

BHUTTO, A. W., HARIJAN, K., QURESHI, K., BAZMI, A. A., BAHADORI, A. Perspective for the production of ethanol from lignocellulosic feedstock – A case study. **Journal Cleaner Production**. v. 95, p. 184-193. 2015.

BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. **Etanol 2G: Inovação em Biocombustíveis.** 2017. Disponível em: <https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/conhecimento/noticias/noticia/etanol-2g-inovacao-biocombustiveis>. Acesso em agosto de 2017.

BOMTEMPO, J. V. **O Futuro dos Biocombustíveis XIII: a matéria-prima como fator estruturante da indústria.** 2012. Disponível em: <https://infopetro.wordpress.com/2012/07/30/o-futuro-dos-biocombustiveis-xiii-a-materia-prima-como-fator-estruturante-da-industria>. Acesso em outubro de 2017.

BOMTEMPO, J. V., SOARES, G. A. **Porque as Primeiras Plantas Comerciais de Etanol 2G são Quase Experimentais.** 2016. Disponível em: <https://infopetro.wordpress.com/2016/10/19/por-que-as-primeiras-plantas-comerciais-de-etanol-2g-sao-quase-experimentais/>. Acesso em julho de 2018.

BREETZ, H. L., Fueled by crisis: U.S. alternative fuel policy, 1975 – 2007. Department of Political Science, Masschusetts Institute of Techonology. 2013. Disponível em <http://dspace.mit.edu/handle/1721.1/83759>. Acesso em abril de 2018.

BROWN, T. R., BROWN, R. C., A review of cellulosic biofuel commercial-scale projects in the United States. **Biofuels, Bioproducts and Biorefining.** v.7, p. 235-245. 2013.

CANTNER, U., GRAF, H., HERMANN J., KALTHAUS, M. Inventor networks in renewable energies: The influence of the policy mix in Germany. **Research Policy**. v. 45, p. 1165-1184. 2016.

CARUS, M. Designing the bio-based economy options for norway? Status of the bioeconomy, Oslo. 2015. **Nova-Institute.** Disponível em: <https://www.regjeringen.no/contentassets/2279d695167747e2ad4f787465f9ff94/innspill-michael-carus.pdf>. Acesso em novembro de 2017.

CLIMATE ACTION TRACKER. **Climate Action Report.** 2017. Disponível em: < https://climateactiontracker.org/media/documents/2018/4/CAT_2017-11-06_CountryAssessment_USA_8fXxIrP.pdf>. Acesso em dezembro de 2017.

CONSTANTINI, V., CREPI, F., PALMA, A., Characterizing the policy mix and its impact on eco-innovation: Apatent analysis of energy-efficient technologies. **Research Policy**. 2017.

CTBE – Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol. **Passada a Euforia, Etanol 2G Avança Silenciosamente.** 2017. Disponível em: < http://ctbe.cnpem.br/passada-euforia-e2g-avanca-silenciosamente-novacana-entrevista-ex-granbio-e-atual-diretor-ctbe-goncalo-pereira/>. Acesso em julho de 2017.

CUNHA, G. P., Identificação e análise de empresas internacionais produtoras de etanol 2G. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos – Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2013.

DOE – U.S. Department of Energy. **Advanced Biofuels Production Grants and Loan Guarantees.** 2017. Disponível em: < https://www.afdc.energy.gov/laws/8502>. Acesso em dezembro de 2017.

DOE – U.S. Department of Energy. **Alternative Fuel Infrastructure Tax Credit.** 2016. Disponível em: < https://www.afdc.energy.gov/laws/10513 >. Acesso em março de 2018.

DOE – U.S. Department of Energy. **American Recovery and Reinvestment Act of 2009: Bioenergy Technologies Office Investment.** 2012. Disponível em <https://www1.eere.energy.gov/bioenergy/pdfs/recovery_act_factsheet.pdf>. Acesso em março de 2018.

DOE – U.S. Department of Energy. **Biomass Research and Development Act of 2000.** 2014. Disponível em:

<https://www.energy.gov/sites/prod/files/2014/04/f14/biomass_rd_act_2000.pdf>. Acesso em janeiro de 2018.

DOE – U.S. Department of Energy. **Biomassa Research and Development Initiative.** 2017. Disponível em: < https://www.energy.gov/eere/bioenergy/articles/doe-and-usda-issue-notice-intent-biomass-research-and-development-initiative >. Acesso em março de 2018.

DOE – U.S. Department of Energy. **DOE selects six cellulosic ethanol plants for up to $385 million in federal funding.** 2007. Disponível em: <https://web.archive.org/web/20070304091902/http://www.doe.gov/news/4827.htm>. Acesso em março de 2018.

DOE – U.S. Department of Energy. **Executive Order 13514: Federal Leadership in Environmental, Energy, and Economic Performance – FAR and DEAR Implementation and User Aids.** 2010. Disponível em: <https://www.energy.gov/sites/prod/files/maprod/documents/ProcurementDirectorsSustainableOversight.pdf>. Acesso em fevereiro de 2018.

DOE – U.S. Department of Energy. **President's Climate Action Plan.** 2014. Disponível em: <https://www.energy.gov/eere/solarpoweringamerica/president-s-climate-action-plan>. Acesso em: fevereiro de 2018.

DOE – U.S. Department of Energy. **Racing With Relevance: Green Racing Initiative Redefines Sustainable Motorsports.** 2014. Disponível em: < https://www.energy.gov/eere/articles/racing-relevance-green-racing-redefines-sustainable-motorsports >. Acesso em março de 2018.

DOE – U.S. Department of Energy. **Section 1703 Loan Program.** 2015. Disponível em: <https://www.energy.gov/lpo/section-1705-loan-program>. Acesso em fevereiro de 2018.

DOE – U.S. Department of Energy. **Section 244 – Renewable Fuel Infrastructure Grants.** 2007. Disponível em: < https://www.afdc.energy.gov/laws/eisa>. Acesso em janeiro de 2018.

DOI – U.S. Department of the Interior. **Affirmative of Procurement Program – Green Purchasing Plan.** 2008. Disponível em: < https://www.doi.gov/sites/doi.gov/files/migrated/pam/programs/acquisition/upload/GreenPurchasePlan.pdf >. Acesso em março de 2018.

DSIRE – NC Clean Energy Technology Center / Department of Energy. **Loan Guarantee Program.** 2016. Disponível em: <http://programs.dsireusa.org/system/program/detail/3071>. Acesso em fevereiro de 2018.

DYADIC. **Next Generation Enzymes**. 2014. Disponível em: <http://dyadic.com/wp-content/uploads/2014/07/Next-Generation-Enzymes.pdf>. Acesso em novembro de 2017.

DYADIC. **Site oficial.** Disponível em: <https://www.dyadic.com/>. Acesso em maio de 2018.

EDMONDSON, D.L., KERN, F., ROGGE, K. S., The co-evolution of policy mixes and social-technical systems: towards a conceptual framework of policy mix feedback in sustainability transitions. **Research Policy.** 2018.

EIA – Energy Information Administration. **Annual Energy Outlook 2015.** 2015. Disponível em: <http://205.254.135.7/forecasts/aeo/pdf/0383(2015).pdf>. Acesso em julho de 2017.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Agência Embrapa de Informação Tecnológica: Lignocelulósica**. 2017. Disponível em <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/agroenergia/arvore/CONT000fbl23vn102wx5eo0sawqe3qgnyl81.html>. Acesso em maio de 2018.

ENERKEM. **Site oficial.** 2017. Disponível em: <https://enerkem.com/>. Acesso em maio de 2018.

ENERKEM. **Waste as an Unconventional Feedstock for Renewable and Chemical.** 2014. Disponível em: <http://dpw.lacounty.gov/epd/ConversionTechnology/DownLoad/Enerkem_LA.pdf>. Acesso em maio de 2018.

ENZENSBERGER, N., M. WIETSCHEL, O. RENTZ. Policy instruments fostering wind energy projects – a multi-perspective evaluation approach. **Energy Policy**. v. 30, p. 793-801. 2002.

EPA – U.S. Environmental Protection Agency. **Economics of Biofuels.** 2017. Disponível em: <https://www.epa.gov/environmental-economics/economics-biofuels>. Acesso em maio 2018.

EPA – U.S. Environmental Protection Agency. **Overview for Renewable Fuel Standard Program.** 2017. Disponível em: < https://www.epa.gov/renewable-fuel-standard-program/overview-renewable-fuel-standard >. Acesso em março de 2018.

EPA – U.S. Environmental Protection Agency. **Renewable Fuel Standard Program.** 2018. Disponível em: <https://www.epa.gov/renewable-fuel-standard-program> . Acesso em março de 2018.

EPA – U.S. Environmental Protection Agency. **Summary of the Energy Independence and Security Act.** 2016. Disponível em: < https://www.epa.gov/laws-regulations/summary-energy-independence-and-security-act>. Acesso em janeiro de 2018.

EPA – U.S. Environmental Protection Agency. **Summary of the Energy Policy Act of 2005.** 2017. Disponível em: <https://www.epa.gov/laws-regulations/summary-energy-policy-act>. Acesso em fevereiro de 2018.

ETHANOLPRODUCER. **Ending the Enzyme Enigma.** 2011. Disponível em: <http://www.ethanolproducer.com/articles/7782/ending-the-enzyme-enigma>. Acesso em outubro de 2017.

ETHANOLPRODUCER. **Fired Up By Ligning**. 2015. Disponível em: <http://www.ethanolproducer.com/articles/12006/fired-up-undefinedby-lignin>. Acesso em outubro de 2017.

FARGIONE, J., HILL, J., TILMAN, D., POLASKY, S., HAWTHORNE, P. Land clearing and the biofuel carbono debt. **Science**. v. 319, p. 1235-1238. 2008.

FEDCENTER – Federal Facilities Environmental Stewardship and Compliance Assitance Center. **Overview of Executive Order 13514 – Federal Leadership in Environmental,**

Energy, and, Economic Performance. 2009. Disponível em: <https://www.fedcenter.gov/_kd/Items/actions.cfm?action=Show&item_id=14106&destination=ShowItem>. Acesso em fevereiro de 2018.

FEDCENTER – Federal Facilities Environmental Stewardship and Compliance Assitance Center. **Executive Order 13514 (ARCHIVE) – Revoked by Executive Order 13693 on March 19, 2015, Sec 16 (b).** 2015. Disponível em: <https://www.fedcenter.gov/programs/eo13514/>. Acesso em fevereiro de 2018.

FLANAGAN, K., UYARRAA, E., LARANJA, M. Reconceptualising the 'policy mix' for innovation. **Research Policy**. v. 40, p. 702-713. 2011.

GPO – U.S. Government Publishing Office. **American Taxpayer Relief Act of 2012**. **Public Law – 112-240 – Jan. 2, 2013.** 2013. Disponível em: < https://www.congress.gov/112/plaws/publ240/PLAW-112publ240.pdf >. Acesso em dezembro de 2017.

GPO – U.S. Government Publishing Office. **Energy Independence and Security Act of 2007. Public Law – 110-114 – Nov. 8, 2007.** 2007. Disponível em: < https://www.gpo.gov/fdsys/pkg/PLAW-110publ114/pdf/PLAW-110publ114.pdf>. Acesso em março de 2018.

GPO – U.S. Government Publishing Office. **Energy Policy Act of 2005. Public Law – 109-58 – Aug. 8, 2005.** 2005. Disponível em: <https://www.gpo.gov/fdsys/pkg/PLAW-109publ58/pdf/PLAW-109publ58.pdf>. Acesso em fevereiro de 2018.

GPO – U.S. Government Publishing Office. **Farm Security and Rural Investment Act of 2002. Public Law – 107-171 – May. 13, 2002.** 2002. Disponível em: < https://www.gpo.gov/fdsys/pkg/PLAW-107publ171/pdf/PLAW-107publ171.pdf >. Acesso em fevereiro de 2018.

GPO - U.S. Government Publishing Office. **Federal Register – Executive Order 13514: Federal Leadership in Environmental, Energy, and, Economic Performance.** 2009. Disponível em: <https://www.gpo.gov/fdsys/pkg/FR-2009-10-08/pdf/E9-24518.pdf>. Acesso em fevereiro 2018.

GPO – U.S. Government Publishing Office. **Food, Conservation, and Energy Act of 2008. Public Law – 110-234 – May. 22, 2008.** 2008. Disponível em: < https://www.congress.gov/110/plaws/publ234/PLAW-110publ234.pdf >. Acesso em janeiro de 2018.

GPO – U.S. Government Publishing Office. **Public Law – Cellulosic Biofuels Producer Tax Credit.** 2010. Disponível em: <https://www.gpo.gov/fdsys/browse/collection.action?collectionCode=PLAW>. Acesso em janeiro de 2018.

GPO – U.S. Government Publishing Office. **The American Recovery and Reinvestment Act of 2009, an Update.** 2009. Disponível em: <https://www.gpo.gov/fdsys/pkg/BILLS-111hr1enr/pdf/BILLS-111hr1enr.pdf>. Acesso em fevereiro de 2018.

GPO- U.S. Government Publishing Office. **Emergency Economic Stabilization. Public Law – 110-343 – Out. 3, 2008.** 2008. Disponível em: <

https://www.gpo.gov/fdsys/pkg/PLAW-110publ343/pdf/PLAW-110publ343.pdf >. Acesso em fevereiro de 2018.

GRIFFIN, W. M., SAVILLE, B. A., MCLEAN, H.L. Ethanol use in the United States: status, threats and the potential future. 2016.

GUERZONI, M., RAITERI, E. Demand-side vs. supply-side technology policies: Hidden treatment and new empirical evidence on the policy mix. **Research Policy**. v. 44, p. 726-747. 2015.

GUO, M., SONG, W., BUHAIN, J. Bioenergy and biofuels: history, status, and perspective. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**. v. 42, p. 712-725. 2015.

HAYES, D. J. M. Second-generation biofuels: why they are taking so long. **WIREs Energy and Environmen (Advanced Review)**. v.00, p.1-31. 2012.

HOWLETT, M. Why are policy innovations rare and so often negative? Blame avoidance and problem denial in climate change policy-making. **Global Environmental Change.** v. 29, p 395-403. 2014.

HOWLETT, M., RAYNER, J. Design principles for policy mixes: cohesion and coherence in 'new governance arrangements'. 2014.

HUSSAIN, A., ARIF, S. M., ASLAM, M. Emerging renewable and sustainable energy technologies: State of the art. **Renewable and Sustainable Energy Reviews.** v. 71, p. 12-28. 2017.

HUTTUNEN, S., KIVIMAA, P., VIRKAMÄKI, V. The need for policy coherence to trigger a transition to biogas production. **Environ. Innov. Soc. Transit**. v. 12, p. 14–30. 2014.

IEA – International Energy Agency. **Biomass Research and Development Act of 2000.** 2014. Disponível em: < https://www.iea.org/policiesandmeasures/pams/unitedstates/name-21020-en.php >. Acesso em janeiro de 2018.

IEA – International Energy Agency. **Alternative Fuel Infrastructure Tax Credit.** 2017. Disponível em: < https://www.iea.org/policiesandmeasures/pams/unitedstates/name-24938-en.php >. Acesso em dezembro de 2017.

IEA – International Energy Agency. **American Recovery and Reinvestment Act of 2009: Tax-Based Provisions.** 2017. Disponível em: < https://www.iea.org/policiesandmeasures/pams/unitedstates/name-24666-en.php>. Acesso em março de 2018.

IEA – International Energy Agency. **Biomass Research and Development Initiative (BRDI).** 2017. Disponível em: < https://www.iea.org/policiesandmeasures/pams/unitedstates/name-24880-en.php> . Acesso em fevereiro de 2018.

IEA – International Energy Agency. **Cellulosic Biofuel Producer Tax Credit.** 2017. Disponível em <https://www.iea.org/policiesandmeasures/pams/unitedstates/name-24939-en.php>. Acesso em janeiro de 2018.

IEA – International Energy Agency. **CO2 Emissions from Fuel Combustion-highlights.** 2015. Disponível em:

<http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/CO2EmissionsTrends.pdf>. Acesso em julho de 2017.

IEA – International Energy Agency. **Energy and Climate Change: World Energy Outlook**. 2015. Disponível em: < https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WEO2015.pdf>. Acesso em agosto de 2017.

IEA – International Energy Agency. **Energy Improvement and Extension Act of 2008: Tax Incentives.** 2015. Disponível em: < https://www.iea.org/policiesandmeasures/pams/unitedstates/name-24422-en.php >. Acesso em fevereiro de 2018.

IEA – International Energy Agency. **Energy Independence and Security Act of 2007.** 2017. Disponível em: < https://www.iea.org/policiesandmeasures/pams/unitedstates/name-24158-en.php>. Acesso em janeiro de 2018.

IEA – International Energy Agency. **Energy Policy Act of 2005.** 2015. Disponível em: <https://www.iea.org/policiesandmeasures/pams/unitedstates/name-22819-en.php>. Acesso em fevereiro de 2018.

IEA – International Energy Agency. **Executive Order 13514: Federal Leadership in Environmental, Energy, and, Economic Performance.** 2017. Disponível em < https://www.iea.org/policiesandmeasures/pams/unitedstates/name-24669-en.php>. Acesso em fevereiro de 2018.

IEA – International Energy Agency. **Farm Security and Rural Investment Act of 2002.** 2013. Disponível em: < https://www.iea.org/policiesandmeasures/pams/unitedstates/name-21568-en.php >. Acesso em fevereiro de 2018.

IEA – International Energy Agency. **Food, Conservation, and Energy Act of 2008.** 2014. Disponível em: < https://www.iea.org/policiesandmeasures/pams/unitedstates/name-24805-en.php >. Acesso em janeiro de 2018.

IEA – International Energy Agency. **Grants For Production of Advanced Biofuels**. 2017. Disponível em: <https://www.iea.org/policiesandmeasures/pams/unitedstates/name-24881-en.php>. Acesso em dezembro de 2017.

IEA – International Energy Agency. **Green Purchasing Affirmative Procurement Program (GPAPP).** 2017. Disponível em: < https://www.iea.org/policiesandmeasures/pams/unitedstates/name-24835-en.php >. Acesso em março de 2018.

IEA – International Energy Agency. **Green Racing Initiative.** 2017. Disponível em: < https://www.iea.org/policiesandmeasures/pams/unitedstates/name-25087-en.php >. Acesso em março de 2018.

IEA – International Energy Agency. **Renewable Fuel Infrastructure Grants**. 2012. Disponível em: < https://www.iea.org/policiesandmeasures/pams/unitedstates/name-24830-en.php>. Acesso em janeiro de 2018.

IEA – International Energy Agency. **Renewable Fuel Standard (RFS).** 2017. Disponível em: < https://www.iea.org/policiesandmeasures/pams/unitedstates/name-23920-en.php>. Acesso em março de 2018.

IEA – International Energy Agency. **Section 1703/1705 Loan Guarantee Program.** 2017. Disponível em: < https://www.iea.org/policiesandmeasures/pams/unitedstates/name-24232-en.php >. Acesso em janeiro de 2018.

IEA – International Energy Agency. **U.S. Climate Action Plan.** 2017. Disponível em: < https://www.iea.org/policiesandmeasures/pams/unitedstates/name-44831-en.php>. Acesso em dezembro de 2017.

IEA/IRENA. Joint policies and measures database. Disponível em: <https://www.iea.org/policiesandmeasures/renewableenergy/>. Acesso em janeiro de 2018.

IRS - Internal Revenue Service. **Alternative Fuel Infrastructure Tax Credit**. 2007. Disponível em: <https://www.irs.gov/pub/irs-pdf/i891.pdf>. Acesso em março de 2018.

JANSSEN, R., TURHOLLOW, A. F., RUTZ, D., MERGNER, R. Production facilities for second-generation biofuels in the USA and the EU – Current status and future perspectives. **Biofuels, Bioproducts and Biorefining**. v. 7, p. 647-665. 2013.

KERN, F., HOWLETT, M. Implementing transition management as policy reforms: a case study of the dutch energy sector. **Policy Science**. v. 42, p. 391-408. 2009.

KERN, F., KIVIMAA, P. Creative destruction or mere niche support? Innovation policy mixes for sustainability transitions. **Research Policy**. v. 45, p. 205-217. 2016.

KIM, T. H., KIM, T. H. Overview of technical barriers and implementation of celullosic ethanol in the U.S. **Energy.** p. 1-7. 2014.

LAPOLA, D. M. *et al.* Indirect land-use changes can overcome carbono savings from biofuels in Brazil. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**. v. 107, p. 3388-3393. 2010.

LIMAYEM, A., RICKE, S. C. Lignocellulosic biomass for bioethanol production: Current perspectives, potencial issues and future prospects. **Progress in Energy and Combustion Science**. v. 38, p. 449-467. 2012.

MELAMU, R., HARRO VON BLOTTNITZ. 2nd Generation biofuels a sure bet? A life cycle assessment of how things could go wrong. **Journal of Cleaner Production**. v. 19, p. 138-144. 2011.

MELÉNDEZ, J., LEBEL, L., STUART, P. R. A literature review of biomass feedstock for a biorefinery. Integrated biorefineries: Design, analysis and optimization. p.433. 2012.

MILANEZ, A. Y. *et al.* De promessa a realidade: como o etanol celulósico pode revolucionar a indústria da cana-de-açúcar – uma avaliação do potencial competitivo e sugestões de política pública. **BNDES Setorial 41**. p. 237-294.

NAIR, S., HOWLETT, M., Meaning and power in the design and development of policy experiments. **Futures.** v. 76, p. 67-74. 2016.

NILSSON, M., ZAMPARUTTI, T., PETERSEN, J. E., NYKVIST, B., RUDBERG, P., McGUINN, J. Understanding policy coherence: analytical framework and examples of sector – environment policy interactions in the EU. **Environmental Policy and Governance.** v. 22, p. 395-423. 2012.

NOGUEIRA, L. G. Políticas e mecanismos de incentivo às fontes renováveis alternativas de energia e o caso específico da geração solar fotovoltaica no Brasil e no Chile. Dissertação de Mestrado. UNICAMP**,** Campinas, SP, 2011.

NOVACANA. **Futuro Brilhante do Etanol Celulósico está Ameaçado.** 2016. Disponível em: <https://www.novacana.com/n/etanol/2-geracao-celulose/futuro-brilhante-etanol-celulosico-ameacado-010316/>. Acesso em julho de 2017.

NOVACANA. **Opinião: Porque as Primeiras Plantas Comerciais de Etanol 2G são Quase Experimentais?** 2016. Disponível em: <https://www.novacana.com/n/etanol/2-geracao-celulose/opiniao-primeiras-plantas-comerciais-etanol-2g-quase-experimentais-081116/>. Acesso em julho de 2018.

NOVACANA. **Petróleo em Alta Volta a Tornar o Etanol Celulósico Competitivo.** 2018. Disponível em: <https://www.novacana.com/n/etanol/2-geracao-celulose/petroleo-alta-etanol-celulosico-competitivo-180518/>. Acesso em junho de 2018.

NYKO, D. *et al.* A corrida tecnológica pelos biocombustíveis de segunda geração: uma perspectiva comparada. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro 32. p. 5-48. 2010.

NYKO, D. *et al.* A evolução das tecnologias agrícolas do setor sucroenergético: estagnação passageira ou crise estrutural?. **BNDES Setorial 37**. p. 399-442. 2014.

OCDE – Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico. **Instrument Mixes for Environmental Policy.** Paris: OECD. 2010.

PEREIRA, F. *et al.* Programas de subvenção às atividade de PDI: uma comparação em biocombustíveis no Brasil, EUA e Europa. 2015. Disponível em: <http://ocs.ige.unicamp.br/ojs/rbi/article/view/1122/751>. Acesso em julho de 2017.

PEREIRA, W. S. A participação do Estado no fomento ao etanol como uma oportunidade estratégica de desenvolvimento econômico: as políticas federais de estímulo ao etanol no Brasil e nos Estados Unidos. Tese de Doutorado. Programa de Pós-graduação em Políticas Públicas, Setor de Ciências Sociais Aplicadas. Universidade Federal do Paraná. 2015.

RAVEN, R., KERN, F., SMITH, A., JACOBSSON, S., VERHEES, B. The politics of innovation spaces for low-carbon energy: introduction to the special issue. **Environmental Innovation and Societal Transitions**. v. 18, p. 101-110. 2016.

REGALBUTO, J. R. The sea change in US biofuels' funding: from cellulosic ethanol to green gasoline. **Biofuels, Bioproducts and Biorefining.** v. 5, p. 495-504. 2011.

REICHARDT, K., NEGRO, S. O., ROGGE, K. S., HEKKERT, P. M. Analyzing interdependencies between policy mixes and technological innovation systems: the case of offshore wind in Germany. **Technological Forecasting and Social Change.** v. 106, p. 11-21. 2016.

REN21 – Renewable Energy Policy Network. **Energias Renováveis 2016: Relatório da Situação Mundial.** 2016. Disponível em: <http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2016/11/REN21_GSR2016_KeyFindings_port_02.pdf>. Acesso em julho de 2018.

REN21 – Renewable Energy Policy Network. **Renewables 2015: Global Status Report**. 2015. Disponível em: <http://www.ren21.net/status-of-renewables/global-status-report/>. Acesso em janeiro de 2018.

REN21 – Renewable Energy Policy Network. **Renewables Global Status Report: 2006 Update**. 2006. Disponível em: <http://www.ren21.net/Portals/0/documents/activities/gsr/RE_GSR_2006_Update.pdf>. Acesso em julho de 2018.

RFA – Renewable Fuels Association. **Ethanol Industry Outlook 2017.** 2017. Disponível em: <https://ethanolrfa.org/wp-content/uploads/2017/02/Ethanol-Industry-Outlook-2017.pdf>. Acesso em janeiro de 2018.

RFA – Renewable Fuels Association. **Tax Incentives.** 2017. Disponível em: <https://ethanolrfa.org/issues/tax/ >. Acesso em fevereiro de 2018.

ROGGE S. K., REICHARDT, K., Policy mixes for sustainability transitions: An extended concept and framework for analysis. **Research Policy**. v. 45, p. 1620-1635. 2016.

ROGGE, K. S., KERN, F., HOWLETT, M. Conceptual and empirical advances in analysing policy mixes for energy transitions. **Energy Research and Social Science.** v. 33, p. 1-10. 2017.

SILVA, J. G. B., Análise da dinâmica regulatória de promoção de energias renováveis alternativas: estudo dos casos Alemão e Espanhol. Dissertação de Mestrado. Instituto de Economia. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2015.

SOARES, G. A. O avanço das tecnologias de segunda geração e seus impactos na indústria do etanol. Dissertação de Mestrado, Instituto de Economia. Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2016.

STUBB, M. Renewable energy programs in the 2008 Farm Bill. **Congressional Research Service.** 2008. Disponível em:< https://fas.org/sgp/crs/misc/RL34130.pdf >. Acesso em janeiro de 2018.

THE BALANCE. **ARRA, Its Details, With Pros and Cons. – Why Did ARRA Really Do?** 2017. Disponível em: <https://www.thebalance.com/arra-details-3306299>. Acesso em março de 2018.

ULLAH, K., SHARMA, V. K., DHINGRA, S., BRACCIO, G., AHMAD, M., SOFIA, S. Assessing the lignocellulosic biomass resources potential in developing countries: A critical review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews.** v. 51, p. 682-698. 2015.

UNCTAD – Conferência das Nações Unidas sobre Comércio e Desenvolvimento. **Second generation biofuels market: state of play, trade and developing country perspectives.** 2016. Disponível em <http://unctad.org/en/PublicationsLibrary/ditcted2015d8_en.pdf>. Acesso em outubro de 2017.

UNCTAD – Conferência das Nações Unidas sobre Comércio e Desenvolvimento. **The state of biofuel market.** 2014. Disponível em <http://unctad.org/en/PublicationsLibrary/ditcted2013d8_en.pdf>. Acesso em outubro de 2017.

USDA – U.S. Department of Agriculture. **Energy Programs – Rural Development Energy Programs.** 2018. Disponível em: < https://www.rd.usda.gov/programs-services/all-programs/energy-programs>. Acesso em março de 2018.

USDA – U.S. Department of Agriculture. **Food, Conservation, and Energy Act of 2008 – Conference Report.** 2008. Disponível em <https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/stelprdb1045987.pdf>. Acesso em janeiro de fevereiro de 2018.

USDA – U.S. Department of Agriculture. **Green Purchasing.** 2011. Disponível em: < https://www.dm.usda.gov/energyandenvironment/greenpurchasing/index.html >. Acesso em março de 2018.

USDA – U.S. Department of Agriculture. **World Agricultural Supply and Demand Estimates.** 2015. Disponível em: <http://www.usda.gov/oce/commodity/wasde/latest.pdf>. Acesso em janeiro de 2018.

YUJIE SU, PEIDONG ZHANG, YUQING SU. An overview of biofuels policies and industrialization in the major biofuel producing countries. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**. v. 50, p. 991-1003. 2015.

ZABED, H., SAHU, J. N., SUELY, A., BOYCE, A. N., FARUQ, G. Bioethanol production from renewable sources: Current perspectives and technological progress. **Renewable and Sustainable Energy Reviews.** v. 71, p. 475-501. 2017.

APÊNDICE 1 – FICHAS DAS POLÍTICAS

A Lei de Pesquisa e Desenvolvimento de Biomassa – *Biomass Research and Development Act* – assinada em junho de 2000, veio como um complemento da Ordem Executiva sobre bioprodutos e bioenergia emitida pelo governo dos Estados Unidos em 1999. A Lei autorizou a concessão de 49 milhões de dólares em financiamento ao longo de um período de cinco anos e direcionou os Departamentos de Energia e Agricultura para integrarem o Comitê Consultivo Técnico de Pesquisa e Desenvolvimento em Biomassa para o planejamento estratégico de P&D em biomassa e, o órgão de consultoria Biomass Research and Development Board (IEA, 2014).

Pela Lei, os departamentos, anteriormente citados, deveriam passar a coordenar todas as atividades relacionadas a produção de produtos *biobased* e bioenergia. Sendo responsáveis em coordenar e promover pesquisa e desenvolvimento (DOE, 2014):

- para promover a disponibilidade e o uso generalizado de produtos *biobased* eficientes em termos energéticos, economicamente competitivos e ambientalmente sustentáveis;
- para garantir o desenvolvimento de programas federais consistentes com os objetivos dos Estados Unidos;
- para avaliar o impacto ambiental, econômico e social da produção de biocombustíveis a partir de biomassa em grande escala.

A *Biomass Research and Development Act* foi alterada pela Política Energética de 2005, que introduziu quatro novas áreas técnicas para a atividade de P&D, que foram (IEA, 2014):

- desenvolver culturas e sistemas que melhorassem a produção e o processamento de matérias-primas;
- converter biomassa celulósica recalcitrante em intermediários que pudessem ser utilizados para produzir biocombustíveis;
- desenvolver tecnologias que fossem capazes de produzir uma ampla gama de produtos *biobased* e aumentar a viabilidade da produção de biocombustíveis em uma biorrefinaria;
- analisar o impacto das novas tecnologias pesquisadas na sustentabilidade e qualidade ambiental e na segurança e desenvolvimento econômico rural.

No ano de 2008 a Lei foi novamente alterada pela *Food, Conservation and Energy Act of 2008*, que aumentou o valor do financiamento, autorizando 35 milhões de dólares para cada um dos anos fiscais de 2009 até 2012, quando chegou ao fim a Lei (IEA, 2014).

Ficha

Em maio de 2002 foi assinado o *Farm Bill* – oficialmente denominado *Farm Security and Rural Investment Act of 2002*. Essa Lei incluiu uma variedade de programas para incentivar a produção de energia nas fazendas, ao mesmo tempo em que incentivava os agricultores a aumentar a eficiência energética e o uso de recursos de energia renovável (IEA, 2013).

Um dos programas sustentado pela Lei forneceu 204 milhões de dólares em subsídios para os produtores de biocombustíveis (etanol, etanol celulósico e biodiesel). Também foram fornecidos, no âmbito da Lei, 5 milhões de dólares para educar os consumidores sobre os biocombustíveis e, 6 milhões de dólares para estabelecer um novo programa de incentivo à compra de produtos *biobased* e biocombustíveis por agências federais (IEA, 2013; GPO, 2002).

Segundo a Lei, subvenções poderiam ser concedidas a entidades elegíveis para ajudar a pagar os custos de desenvolvimento e construção de biorrefinarias que realizassem projetos de viabilidade comercial de um ou mais processos de conversão de biomassa em biocombustíveis. As entidades elegíveis poderiam ser cooperativas agrícolas, corporações, associações de agricultores, laboratórios nacionais, universidades ou instituições privadas. E com isso a Lei pretendia auxiliar no desenvolvimento de tecnologias novas e emergentes para o uso de biomassa, incluindo a biomassa lignocelulósica (GPO, 2002).

Em 2008 a *Farm Security and Rural Investment Act of 2002* foi substituída pela *Food, Conservation, and Energy Act of 2008*, que também desenvolveu diversos programas para promover a produção e o desenvolvimento dos biocombustíveis no país.

Ficha

A Iniciativa de Pesquisa e Desenvolvimento de Biomassa – *Biomass Research and Development Initiative (BRDI)*, é o resultado de uma colaboração entre os Departamentos de Energia e Agricultura dos EUA e objetiva promover o desenvolvimento de tecnologias relevantes para a produção de matérias-primas destinadas conversão em biocombustíveis. A iniciativa oferece subsídios para instituições elegíveis capazes de realizar pesquisas, desenvolvimento e demonstrações sobre formas econômicas de produzir etanol, outros biocombustíveis e produtos *biobased* a partir da biomassa, como resíduos agrícolas e silvícolas ou árvores e gramíneas de rápido crescimento. (IEA, 2017).

O programa já concedeu benefícios a projetos de pesquisa sobre produtos *biobased*, biocombustíveis, bioenergia e demais processos relacionados. Os destinatários elegíveis podem receber, através do incentivo, até 1 milhão de dólares para os projetos que envolvam a produção e a logística (incluindo colheita, manuseio, transporte, pré processamento e armazenamento) de matérias-primas para combustíveis, a conversão de biomassa celulósica em biocombustíveis (como o etanol celulósico) e projetos que sirvam de orientação estratégica para melhorar a sustentabilidade geral e a qualidade ambiental das tecnologias de biomassa (DOE, 2012).

A iniciativa ainda oferece orientação estratégica capaz de fornece instruções para (DOE, 2012):

- a aplicação de tecnologias de biomassa para melhorar a sustentabilidade e qualidade ambiental, custo efetivo, segurança e desenvolvimento econômico rural;
- a realização de avaliações sistemáticas do impacto da produção expandida de biocombustíveis no meio ambiente e no fornecimento de alimentos para humanos e animais, incluindo a melhoria e o desenvolvimento de ferramentas para a análise do ciclo de vida dos bicombustíveis atuais;
- a realização de avaliações do potencial dos recursos federais da terra para aumentar a produção de matérias-primas para biocombustíveis e produtos *biobased*, consistente com a integridade do solo e recursos hídricos e com outras considerações ambientais.

Em junho de 2017, foi anunciado pelos Departamentos de Energia e Agricultura dos Estados Unidos que um financiamento, para o mesmo ano fiscal, de até 9 milhões de dólares seria disponibilizado através da *BRDI*. A fim de que se continuasse estimulando e apoiando o desenvolvimento de matérias-primas para a bioenergia, os biocombustíveis e os produtos *biobased*. A expectativa é que esse novo financiamento ajude a desenvolver novos projetos de biomassa que sejam economicamente e ambientalmente mais sustentáveis e que

proporcionem um aumento da disponibilidade de biocombustíveis e produtos *biobased*, diversificando assim o portifólio de bioenergia do país e garantindo um aumento da segurança energética do mesmo (DOE, 2017).

A Lei de Política Energética de 2005 – *Energy Policy Act of 2005*, que foi aprovada e assinada pelo Congresso dos Estados Unidos em 2005, previa incentivos fiscais e a garantia de empréstimos para a produção de energia renovável de vários tipos. A Lei objetivava garantir o avanço das energias renováveis no país e, consequentemente, assegurar a segurança energética dos Estados Unidos (IEA, 2015). A Lei fornecia créditos para entidades que desenvolvessem ou utilizassem tecnologias inovadoras capazes de evitar a produção de gases do efeito estufa, também garantia o aumento da quantidade de biocombustíveis que deveria ser mistura à gasolina vendida nos Estados Unidos (EPA, 2017).

A Política Energética de 2005 abordava a produção de Energia nos Estados Unidos, incluindo: a eficiência energética, a energia renovável, óleo e gás, carvão, questões nucleares e segurança, veículos e combustíveis para motores (incluindo o etanol), hidrogênio, eletricidade, energia hidrelétrica e geotérmica e tecnologias de mudanças climáticas (EPA, 2017).

Pela Lei estava previsto a realização do Programa de pesquisa, desenvolvimento, demonstração e aplicação comercial para bioenergia, que nesse caso incluía os biocombustíveis, os bioprodutos, sistemas integrados de biorrefinarias, pesquisa e desenvolvimento em biomassa e a análise econômica. Os objetivos dos programas de biocombustíveis e bioprodutos deveriam ser o desenvolvimento, em parceria com a indústria e as instituições de ensino superior de tecnologias avançadas, de conversão bioquímica e termoquímica capazes de produzir combustíveis a partir de biomassa lignocelulósica que fossem competitivas em termos de preços e os processos avançados de biotecnologia capazes de fazer biocombustíveis e bioprodutos com ênfase no desenvolvimento de tecnologias utilizando sistemas de processamento baseados em enzimas (GPO, 2005).

Com os incentivos ao desenvolvimento dos biocombustíveis a Lei pretendia acelerar a implantação e comercialização dos biocombustíveis, entregar os primeiros 1.000.000.000 galões na produção anual de biocombustíveis celulósicos até 2015, garantir que os biocombustíveis produzidos após 2015 fossem competitivos com a gasolina e com o diesel e por fim, garantir que os pequenos produtores de matérias-primas e as pequenas empresas rurais participassem plenamente no desenvolvimento da indústria de bicombustíveis celulósicos (GPO, 2005). Ficou garantido, então, o pagamento fixo por galão de bicombustível celulósico produzido em quantidade pré-estabelecida. O montante destinado aos projetos de biocombustíveis elegíveis foi de 250 milhões de dólares, no âmbito da Lei.

A Política Energética de 2005 foi muito importante na busca pela garantia da independência e segurança energética dos Estados Unidos e pelo aumento da produção dos biocombustíveis no país. Ela colocou em vigor vários programas importantes para o desenvolvimento da bioenergia, como o Renewable Fuel Standard (RFS). Sua relevância se fez mais concreta com a elaboração de outros projetos de Lei, como por exemplo, o *Energy Independence and Security Act of 2007,* que foram baseados nos progressos obtidos (IEA, 2015).

O Crédito Tributário de Infraestrutura para Combustível Alternativo – *Alternative Fuel Infrastructure Tax Credit*, foi estabelecido pela Lei de Política Energética de 2005 e era disponível para o custo da instalação de equipamentos alternativos de abastecimento de combustível colocados em serviço após 31 de dezembro de 2005 (IEA, 2017).

Os equipamentos de abastecimento de etanol, gás natural, propano, hidrogênio liquefeito, eletricidade e misturas de biodiesel, instalados até 31 de dezembro de 2017 foram elegíveis para um crédito de imposto de 30% do custo, que não fosse superior a US$ 30.000,00. As taxas de permissão e inspeção não foram incluídas nas despesas cobertas. Além disso, de acordo com o incentivo, os proprietários das estações de abastecimento que instalaram equipamentos qualificados em vários locais, puderam usar o crédito para cada local de instalação (DOE, 2016).

O Programa Nacional de Combustíveis Renováveis – *Renewable Fuel Standard (RFS)*, criado pela Lei de Política Energética de 2005, estabeleceu o primeiro mandato de volume de combustível renovável nos Estados Unidos. A Agência de Proteção Ambiental dos EUA (EPA) em coordenação com o Departamento de Energia (DOE) e o Departamento de Agricultura (USDA), é responsável por promulgar regulamentos para garantir que a gasolina vendida nos Estados Unidos contenha um volume apropriado de combustível renovável. O Programa é responsável por estabelecer novos requisitos regulatórios, como registros e conformidades para grandes refinarias, em relação à mistura de biocombustíveis e também àqueles combustíveis importados (IEA, 2017).

O RFS inicial, também conhecido como RFS1, estabelecido em 2005, exigiu que um mínimo de 4 bilhões de galões de combustível renovável fosse usado junto ao fornecimento de gasolina do país no ano de 2006 e que esse volume mínimo tivesse um aumento para 7,5 bilhões de galões até 2012. Dois anos depois, sob a Lei de Independência e Segurança Energética de 2007 – *Energy Independence and Security Act (EISA) of 2007* – o Programa RFS foi expandido (RFS2) de tal forma, que mudanças importantes ocorreram como: (a) a expansão dos objetivos de longo prazo para 36 bilhões de galões de combustível renovável; (b) a extensão dos requisitos de volume anual até 2022; (c) a adição de definições mais explícitas para qualificar combustíveis renováveis (por exemplo, emissões de gases do efeito estufa e biomassa renovável) e, (d) a criação de licenças de cobrança para volumes de determinadas instalações existentes. Além de estabelecer requisitos de volume separados para cada um dos biocombustíveis. Com isso, quatro categorias de combustível renovável passaram a ser alvos do programa: biodiesel, biocombustível celulósico, biocombustível avançado[11] e combustível renovável (no geral) (IEA, 2017; EPA, 2018).

Assim, o RFS2 passou a apoiar diretamente a produção de biocombustíveis nos Estados Unidos, fornecendo um mercado obrigatório para os misturadores de biocombustíveis, que passaram a ter que incorporar volumes mínimos de biocombustíveis em suas vendas anuais de combustível de transporte, independentemente dos preços de mercado. Agora, ao garantir um mercado de biocombustíveis, o RFS2 reduz substancialmente o risco associado à produção de biocombustíveis, proporcionando assim um subsídio indireto ao invés de capital na construção de usinas de biocombustíveis (EPA, 2018).

[11] São considerados biocombustíveis avançados os combustíveis renováveis, com exceção do etanol derivado do amido de milho, que possuem emissões de gases do efeito estufa pelo menos 50% inferiores às emissões tidas como base. Exemplo de biocombustíveis avançados: etanol lignocelulósico, etanol de cana-de-açúcar, biogás, butanol entre outros.

Trata-se, portanto, de uma política nacional que requer determinado volume de combustível renovável para substituir ou reduzir a quantidade de combustível de transporte com base em petróleo. E dessa forma os EUA vêm tentando garantir que a gasolina vendida no país contenha volumes crescentes de combustível renovável (EPA, 2017). Com essa política a EPA objetiva aumentar significativamente o volume de combustível renovável utilizado em veículos motorizados em todo o país, como mostra a Figura A1, seguinte.

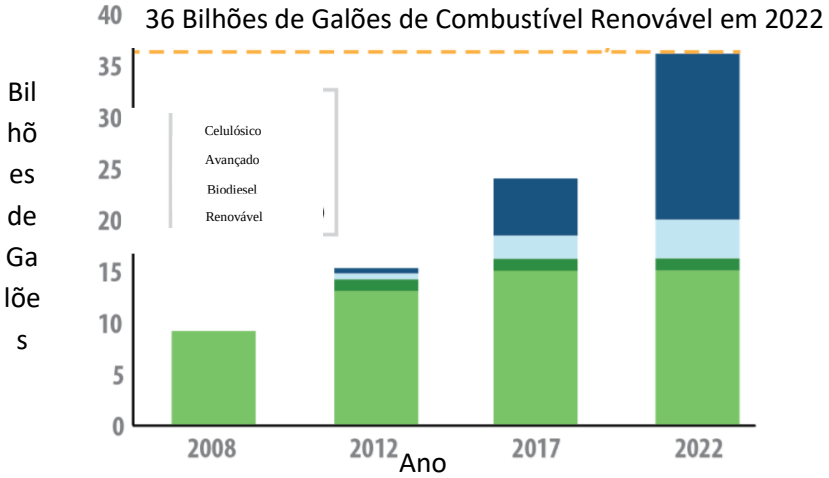


Figura A1: Volume de combustível renovável que se espera atingir até 2022.
Fonte: Adaptado de EPA (2017).

Então, de tal forma, pode-se entender o RFS, basicamente, como uma política de demanda, que utiliza diferentes instrumentos políticos, como econômico, de suporte e regulatório, para atingir as metas estabelecidas, que são revistas anualmente. Com isso, tentar garantir um mercado futuro para os biocombustíveis, obrigando as refinarias a aumentar ano a ano o total de etanol e outros biocombustíveis usados na matriz energética do país. Assim, devido à certeza oferecida aos investidores pelo Programa RFS, a capacidade de produção de etanol e outros combustíveis renováveis aumentou significativamente desde que a Lei de Política Energética de 2005 foi assinada e espera-se que a construção de novas instalações expandidas continue. Como resultado, os volumes nacionais de combustível renovável em todo o país já excedem os requisitos do RFS (EPA, 2017; PEREIRA, 2015). Ademais, tal medida é importante para estimular avanços em um segmento em que as tecnologias e as condições de mercado futuro do Etanol 2G, ainda estão sendo desenvolvidas.

Ficha

A Iniciativa da Corrida Verde – *Green Racing Initiative* – foi elaborada em 2006 e ainda se encontra em vigor. Essa iniciativa usa a competição de esportes de motor para ajudar a desenvolver, mais rapidamente, sistemas mais eficientes de propulsão de veículos e veículos mais eficientes também em combustível, que eventualmente serão usados em veículos comerciais e de consumo (IEA, 2017).

Os parceiros dessa iniciativa formam um grupo chamado *Green Racing Working Group*, são eles que investem em tecnologias mais avançadas, desenvolvidas inicialmente, para carros de corrida verde. O objetivo da *Green Racing Initiative* é que essas tecnologias, desenvolvidas inicialmente para os veículos específicos de esportes de corrida, promovam uma introdução mais rápida das tecnologias automotivas que reduzem a emissão dos gases do efeito estufa, reduzem os poluentes dos gases de escape e aumentam a economia de combustível fóssil, nos carros de rua (IEA, 2017). Dessa maneira o grande interesse nos esportes de motor poderia levar essa tecnologia à atenção do público e acelerar sua aceitação no mercado de veículos comerciais.

O *Green Racing* elabora protocolos a serem seguidos pelos fabricantes de carros de corrida. Os protocolos exigem um programa de prêmios para incentivar, reconhecer e premiar os líderes da indústria automotiva que estão mais longe e mais rápido com a menor pegada ambiental da energia utilizada (Advanced Biofuels, 2009). Um dos protocolos diz respeito ao aumento do uso de combustíveis renováveis nos veículos, cabendo aos fabricantes investir em tecnologias capazes de fazer com que os motores sejam cada vez mais eficientes ao utilizarem esses biocombustíveis e tenham todo o desempenho de um carro de corrida tradicional. Por exemplo, a Chevrolet Corvette foi a primeira equipe da categoria GT a adotar o uso do etanol e ganhou três campeonatos de equipe com o uso do etanol celulósico (DOE, 2014).

Como base nos protocolos originais desenvolvidos em 2008, os protocolos revisados expandiram as diretrizes da iniciativa e estabeleceram novos níveis de compromisso. Assim, as revisões permitiram que mais corridas fossem qualificadas para participar da iniciativa. Com mais organizações capazes de participar, a transferência de tecnologias bem-sucedidas das pistas de corrida para as ruas tornou-se mais eficiente. Além disso, as revisões proporcionaram um maior apoio ao desenvolvimento de tecnologias para combustíveis renováveis avançados e sua maior disponibilidade para os consumidores. O aumento do uso do etanol celulósico nas competições fez com que as equipes conseguissem reduzir 62% de combustível fóssil utilizado e 65% de emissões de gases do efeito estufa, o que demonstrou

um grande potencial dos biocombustíveis em proporcionar um desempenho superior aos dos combustíveis petroquímicos (DOE, 2014).

Ficha

O *Green Purchasing Affirmative Procurement Program (GPAPP)* é um programa de aquisição sustentável do Departamento de Agricultura dos EUA (USDA). Foi instaurado no ano de 2006 e se encontra em vigor até o momento. O objetivo do programa é promover a compra de produtos *biobased*, bicombustíveis, produtos de conteúdo reciclado, produtos mais eficientes em termos energéticos, produtos e serviços ambientalmente preferíveis, produtos menos nocivos à camada de ozônio, entre outros (USDA, 2011).

Com esse programa de compras verdes, que engloba vários produtos sustentáveis, o USDA visou criar novas demandas domésticas, estimulando o mercado desses produtos, a fim de aumentar a segurança energética e economizar energia e outros recursos naturais. As regras de compra dos produtos aplicam-se a todas as compras diretas realizadas pelo Departamento de Agricultura. Além disso, cabe também ao programa designar responsabilidades específicas para o gerenciamento e a implementação das regras em todos os contratos de compra do departamento (IEA, 2017). Anualmente o USDA compra bilhões de dólares em produtos e serviços. Por conta disso, o uso de produtos sustentáveis pelo departamento garante uma demanda significativa (IEA, 2017).

De acordo com o programa, cabe ao Departamento de Agricultura adquirir veículos de combustível alternativo e os combustíveis alternativos (dentre eles o etanol de primeira e segunda geração) para esses veículos. Além disso, em associação com a Lei de Política Energética de 1992 (*Energy Policy Act*), que exige que todas as agências federais providenciem o reabastecimento de reservas de veículos comerciais em instalações de abastecimento comercial que oferecem combustíveis alternativos para a venda, cabe ao programa coordenar os esforços entre governo e indústria para acelerar o uso de combustíveis alternativos e expandir a infraestrutura de reabastecimento (DOI, 2008).

Ficha

O Programa de Garantia de Empréstimos – *Section 1703/1705 Loan Guarantee Program* permitiu que o Departamento de Energia (DOE) trabalhasse com empresas privadas e credores para mitigar os riscos de financiamento associados aos projetos de energia limpa e, assim, encorajasse seu desenvolvimento em uma escala mais ampla. O programa apoiou tecnologias inovadoras de energia limpa que normalmente não conseguem obter financiamento privado convencional devido ao alto risco a que estão sujeitas. Além disso, as tecnologias passíveis de ganharem o financiamento deviam evitar, reduzir ou isolar os poluentes atmosféricos como os gases do efeito estufa (IEA, 2017; DOE, 2015).

O programa autorizou garantias de empréstimos para projetos com sede nos Estados Unidos que iniciaram a construção até 30 de setembro de 2011 e que se envolveram com a produção de biocombustíveis, entre eles biodiesel e etanol celulósico, com sistemas de energia renovável e sistemas de transmissão de energia (IEA, 2017). As garantias de empréstimo eram concedidas a projetos de tecnologias novas ou significativamente melhoradas em comparação com as tecnologias comerciais em serviço nos Estados Unidos no momento da emissão da garantia.

O incentivo expirou em 2011, mesmo depois de ter sido reautorizado e revisado pela *American Recovery and Reinvestment Act of 2009* (ARRA). Os projetos que anteriormente receberam garantias de empréstimo são monitorados ativamente, mas já não são mais susceptíveis de ganhar novas garantias de empréstimo (DSIRE, 2016; DOE, 2015).

Ficha

A Lei de Independência e Segurança Energética de 2007 – *Energy Independence and Security Act of 2007 (EISA)* – que foi assinada no referido ano e ainda encontra-se em vigor, tem por objetivo expandir a produção de combustíveis renováveis, reduzir a dependência dos Estados Unidos em relação ao petróleo e seus derivados, aumentar a segurança energética e enfrentar as mudanças climáticas (IEA, 2017).

As principais disposições promulgadas pela Lei foram (GPO, 2007):

- *Corporate Average Fuel Economy (CAFE)* – A Lei estabelece a redução da demanda pelo petróleo no país, ao estabelecer um padrão nacional de economia de combustível fóssil de 35 milhas por galão até 2020;
- *Renewable Fuels Standard (RFS)* – A Lei estabelece o aumento do suprimento de fontes alternativas de combustível. Para isso foi estabelecido um padrão de combustível renovável obrigatório, exigindo que os produtores de combustível usem, pelo menos, 36 bilhões de galões de biocombustíveis até o ano de 2022. E desse total, a Lei ainda especifica que aproximadamente 16,5 bilhões de galões sejam de biocombustíveis celulósicos. Além disso, a Lei ainda garante incentivos para o desenvolvimento de tecnologias e infraestrutura relacionadas ao desenvolvimento dos biocombustíveis;

Segundo as metas da EISA, até o ano de 2022 os volumes aplicáveis de biocombustível celulósico devem seguir a Tabela A1:

Tabela A1: Volumes aplicáveis de combustível celulósico

ANO	Volume aplicável de biocombustível celulósico (em bilhões de galões)
2010	0,1
2011	0,25
2012	0,5
2013	1,0
2014	1,75
2015	3,0
2016	4,25
2017	5,5
2018	7,0
2019	8,5
2020	10,5
2021	13,5
2022	16,5

Fonte: GPO, 2007

- *Energy Efficiency Equipment Standards* – A Lei estabelece uma variedade de novos padrões para a iluminação e para equipamentos e aparelhos

residenciais e comerciais. Garantindo assim, a melhora da eficiência energética na iluminação de edifícios e residências;

Quanto a algumas das medidas de apoio à energia renovável, a EISA também inclui programas de concessão para incentivar o desenvolvimento de biocombustíveis celulósicos, caso do *Renewable Energy Innovation Manufacturing Partnership Program* – um programa que concede prêmios para apoiar a pesquisa e o desenvolvimento, garante a implementação de processos de demonstração e assegura a obtenção de materiais e infra-estrutura avançados relacionados a produção de biocombustível e energia renovável. Sob esse programa, os estados com baixa produção de etanol celulósico podem ser recompensados pelos incentivos à P&D e à aplicação de tecnologias de biocombustíveis. Além disso, a Lei ainda autoriza subvenções para programas de aplicações comerciais de tecnologias de biocombustíveis celulósicos e para programas de conversão de plantas de etanol à base de milho já existentes para biocombustíveis celulósicos (GPO, 2007).

Com isso a EISA vem reforçando os objetivos antigos de redução de energia para as agências federais, bem como introduzindo requisitos mais agressivos com as três principais disposições aprovadas: o Padrão de Economia de Combustíveis, o Padrão de Combustível Renovável e o Padrão de Eficiência de Iluminação. Além disso, cabe a EPA também desenvolver, implementar e revisar regulamentos e programas voluntários sob decretos da EISA (EPA, 2016). Dessa forma, a EISA desde 2007, vem tentando aumentar a produção de combustíveis renováveis, aumentar a eficiência energética dos edifícios e veículos, promover a pesquisa e o desenvolvimento de tecnologias mais limpas e implementar opções de captura e armazenamento de GEE mais eficientes.

Ficha

A Lei de Independência e Segurança Energética (EISA) de 2007 — estabeleceu, em 2008, sob jurisdição do Departamento de Energia (DOE), o *Renewable Fuel Infrastructure Grants* (IEA, 2012).

O programa em questão, que teve seu término em 2014, autorizava o fornecimento de subsídios para o desenvolvimento de infraestrutura para misturas de combustível renovável de mais de 10%, mas não superior a 85% de etanol. O programa também incluía a elaboração de contratos para prestar assistência técnica e de marketing aos destinatários da concessão, o que incorporava o aconselhamento técnico para o cumprimento dos requisitos ambientais e o fornecimento de materiais públicos de divulgação, educação e rotulagem. A autorização foi de US$ 200 milhões anuais para o período de 2008 a 2014, o que correspondeu a US$ 1,4 bilhão autorizado (DOE, 2007).

Os subsídios de infraestrutura de combustíveis renováveis, dentre os quais se inseria o Etanol 2G, visavam auxiliar os revendedores de varejo e atacadistas de combustíveis para motores, com a instalação, a substituição ou a conversão da infraestrutura de armazenamento e distribuição de combustível. Sendo toda a infraestrutura para uso exclusivo de armazenagem e distribuição de misturas de combustível renovável. Os subsídios também foram concedidos para implantação de infraestrutura de reabastecimento (como bombas de abastecimento) geograficamente dispersas de forma a garantir uma distribuição adequada das misturas de combustível (IEA, 2012). Assim, o incentivo visava criar ou expandir corredores de estações de mistura de combustível renovável ao longo das rodovias interestaduais ou estaduais.

Por esse incentivo, cabia aos beneficiários dos subsídios, o fornecimento ao público de informações a respeito da mistura de combustível renovável. O que significava estabelecer um plano de marketing que informasse aos consumidores o preço e a disponibilidade da mistura de combustível renovável, rotulando claramente o produto. Coube também aos beneficiários fornecer relatórios periódicos sobre o status das vendas da mistura, o tipo e quantidade das misturas de combustível dispensadas em cada local e o preço médio de tal produto (GPO, 2007).

A Lei de Alimentação, Conservação e Energia de 2008 – *Food, Conservation and Energy Act of 2008* (também conhecida como *US Farm Bill of* 2008), promulgada em maio de 2008, tinha o intuito de regular a maioria dos programas federais relacionados à agricultura e similares. A Lei incluía iniciativas de eficiência energética rural e iniciativas para incentivar a produção e o uso de fontes de energia agrícolas e renováveis (IEA, 2014).

O projeto dessa Lei foi tido como uma continuação da *Farm Bill* de 2002 e previu a disponibilização de 288 bilhões de dólares, distribuídos nos cinco anos em que a Lei estaria em vigor. Diante disso, tal incentivo político garantiu a continuação dos subsídios agrícolas nos Estados Unidos, bem como a continuação da busca pelo desenvolvimento nas áreas da conservação e energia, desenvolvimento rural e da nutrição. Algumas iniciativas foram específicas da *Food, Conservation and Energy Act of 2008*, como o aumento dos benefícios e um maior suporte para produção de etanol celulósico e para a pesquisa de pragas, doenças e outros problemas agrícolas (GPO, 2008).

Dessa forma, a Lei garantiu a continuação de muitos dos programas de agricultura, biomassa e bioenergia até o final do ano fiscal de 2013. Em relação aos biocombustíveis, a Lei estendeu os incentivos aos biocombustíveis celulósicos, ao estabelecer a iniciativa da pesquisa e desenvolvimento de biomassa, atribuindo bolsas e assistência financeira para os produtores de biomassa lignocelulósica (IEA, 2014). Além disso, 1 bilhão de dólares foi direcionado ao pagamento de subsídios e empréstimos, sendo fornecidos através de iniciativas como o Programa de Bioenergia para Biocombustíveis Avançados que promoveu o desenvolvimento da capacidade de biorrefinarias celulósicas (GPO, 2008).

Outros programas também apoiaram o desenvolvimento dos biocombustíveis celulósicos no país como: o Programa de Assistência à Colheita de Biomassa – que apoiou à produção de matérias-primas dedicadas a obtenção de celulose e forneceu incentivos para o armazenamento de colheita e pós-produção; e o Programa de Assistência de Biorrefinarias – que garantiu o fornecimento de bolsas e empréstimos para o desenvolvimento, a construção e a adaptação de refinarias em escala comercial para produzir biocombustíveis avançados (especialmente celulósicos). Assim, esses programas garantiram um maior desenvolvimento da produção de etanol celulósico ao oferecerem suporte para a produção, colheita, armazenamento, e processamento de matérias-primas de biomassa celulósica (STUBB, 2010).

Assim, a Lei assegurou os incentivos fiscais para os biocombustíveis, reduzindo aqueles para o etanol à base de milho, mas expandindo os créditos fiscais para o etanol celulósico. Além de promover uma ampliação da tarifa sobre as importações de etanol. Com isso, os

incentivos promovidos garantiram uma ênfase e um desenvolvimento maior na produção de etanol celulósico através de novos créditos fiscais, na promoção de matérias-primas celulósicas, no desenvolvimento e avanço da infraestrutura de matérias-primas e no desenvolvimento de biorrefinarias (STUBB, 2010). Ademais, concessões e garantias de empréstimo para pesquisa, desenvolvimento, implantação e produção de biocombustíveis (especialmente celulósicos) se fizeram fundamentais na contribuição para o avanço do setor nos Estados Unidos.

A *Grants for Production of Advanced Biofuels* foi uma política instaurada no ano de 2008 que focou na produção de biocombustíveis avançados (que seriam aqueles biocombustíveis produzidos por biomassa diferente do amido de milho) (IEA, 2017). Tal política, liderada pelo DoE, consistiu em um programa de bolsas para incentivar a produção de biocombustíveis que reduzissem a emissão dos gases do efeito estufa em mais de 80%. Assim, os g*rants* eram concedidos aos produtores de biocombustíveis com a maior redução (pelo menos 80%) das emissões de GEE no ciclo de vida quando comparadas às emissões do ciclo de vida dos combustíveis automotivos durante o ano de 2005 (IEA, 2017).

A política oferecia garantias de empréstimos para o desenvolvimento, a construção e a montagem de biorrefinarias de escala comercial que produzissem biocombustíveis avançados (o que inclui os de segunda geração). Também estavam disponíveis subsídios para a construção de plantas em escada de demonstração. Os candidatos elegíveis não foram limitados, tanto que governos estaduais e locais, cooperativas agrícolas, laboratórios nacionais e instituições de ensino superior se candidataram a fim de conseguir o benefício. A garantia de empréstimo máxima foi de 250 milhões de dólares e o financiamento máximo era de 50% dos custos do projeto (DOE, 2017; GPO, 2010).

A *Grants for Production of Advanced Biofuels* foi substituída pelo *Rural Development Biofuels Programs*. A substituição provocou uma ampliação do incentivo e, com o novo programa, o USDA passou a apoiar mais rigorosamente a expansão dos biocombustíveis, fornecendo pagamentos a produtores de biocombustíveis e as biorrefinarias além de continuar a fornecer garantias de empréstimos para biorrefinarias em escala comercial (IEA, 2017).

O *Rural Development Biofuels Programs*, que se encontra em vigor até o momento, inclui os seguintes programas:

- Programa de Bioenergia para Biocombustíveis Avançados – que continua oferecendo pagamentos a produtores elegíveis de biocombustíveis avançados para a produção de combustíveis a partir de biomassa (exceto amido de milho). As culturas de biomassa, para esse programa incluem: celulose, hemicelulose, lignina, resíduos, biogás, butanol e outras culturas não alimentares.
- Programa de Assistência de Biorrefinarias – auxilia no desenvolvimento de tecnologias novas e emergentes para o desenvolvimento e a produção de biocombustíveis avançados. O programa continua oferecendo empréstimos para financiar o desenvolvimento, a construção, e a adaptação das biorrefinarias de escala

comercial utilizando tecnologia elegível, além dos empréstimos concedidos aos laboratórios que se dedicam a buscar novas tecnologias. Com a garantia máxima de empréstimo de 250 milhões de dólares.

- Programa de Assistência – que oferece subsídios para projetos de biorrefinarias que substituem o uso de combustível fóssil com biomassa ou que geram energia com biomassa. Além disso, o programa fornece o reembolso para custos de projetos elegíveis do sistema de biomassa durante a fase de construção do projeto.

Os programas do *Rural Development Biofuels Programs* foram criados no ano de 2008 e encontram-se em vigor até o momento. Tais programas objetivam apoiar e garantir uma produção crescente de biocombustíveis avançados no país além de ajudar a fortalecer a economia rural no território. Os incentivos substituíram o *Grants For Production of Advanced Biofuels*, talvez porque ambos tivessem os objetivos e instrumentos semelhantes, cabendo assim, tal substituição.

Até o ano de 2013, sob o âmbito do programa, pagamentos já haviam sido concedidos a produtores em 38 estados norte-americanos para apoiar a produção dos biocombustíveis avançados. Atualmente, mais de 280 produtores em 45 estados americanos receberam 192,5 milhões de dólares em pagamento desde o início do programa. Além disso, o programa já apoiou a produção de mais de 3 bilhões de galões de biocombustíveis avançados. E mais recente, o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, responsável pelo programa, já anunciou a disponibilização de 14 milhões de dólares em pagamentos para 162 produtores de biocombustíveis avançados Assim, através deste programa, o USDA está trabalhando para apoiar a pesquisa, o investimento e a infraestrutura necessários para construir um setor forte de biocombustíveis que crie empregos e amplie a gama de matérias-primas usadas para produzir combustíveis renováveis (USDA, 2018).

Ficha

A Lei de Melhoria Energética e Extensão de 2008 – *Energy Improvement and Extention Act of 2008* – foi assinada em outubro de 2008 e tinha como principal objetivo ampliar os créditos fiscais de produção e os créditos fiscais de investimento para diversas fontes de energia renováveis, incluindo o desenvolvimento do etanol celulósico e do biodiesel e as energias eólica, solar, geotérmica e hidrelétrica. A Lei modificou o Código da Receita Federal para que fosse ampliado e modificado as provisões vencidas referentes à conservação e produção de biocombustíveis e energia, fornecendo uma melhoria na receita (GPO, 2008).

A Lei garantiu vários incentivos para os produtores de energia renovável de diversas fontes. Para os produtores de biocombustíveis, o Ato prolongou uma depreciação de 50% no primeiro ano para as plantas de etanol de biomassa lignocelulósica para incluir qualquer planta que produzisse biocombustíveis a partir dessa matéria-prima. Além disso, a Lei também prolongou um crédito tributário de 30% para as instalações de reabastecimento de combustível alternativo renovável até o ano de 2010. Como forma de facilitar o financiamento, a Lei autorizou 800 milhões de dólares em novos títulos de energia renovável limpa para todas as tecnologias que eram englobadas pelo Ato. Em 2009 a Lei foi substituída pela *American Recovery and Reinvestment Act of 2009: Tax-Based Provisions*, que foi anteriormente descrita neste anexo (IEA, 2015).

Ficha

A Lei Americana de Recuperação e Reinvestimento – *American Recovery and Reinvestment Act* (ARRA) – assinada em 17 de fevereiro de 2009, foi uma lei de gastos suplementares destinados a recuperar os EUA depois da Grande Depressão de 2008 que contou com mais de 80 bilhões de dólares para apoiar a pesquisa, o desenvolvimento e a implementação de energia limpa. Deste montante, cerca de 30 bilhões de dólares estavam disponíveis sob a forma de incentivos baseados em impostos (IEA, 2017).

A lei focou em diversos pontos, desde a produção de energia eólica e solar até a produção de biocombustíveis. Para esse último, o Bioenergy Technologies Office concedeu cerca de 718 milhões de dólares na *American Recovery and Reinvestment Act*, para apoiar projetos destinados a acelerar a pesquisa e o desenvolvimento dos biocombustíveis, aumentar a velocidade da implantação e comercialização dos mesmos e dos demais bioprodutos e a promover o crescimento da bioindústria dos EUA (DOE, 2012; GPO, 2009).

Da verba concedida, o Bioenergy Technologies Office disponibilizou 509 milhões de dólares para dezoito projetos selecionados de escala piloto e demonstração. Para um projeto já em escala comercial, foi disponibilizado 82 milhões de dólares, para acelerar sua fase de construção e reduzir os riscos associados à implantação inicial. O projeto em questão, que foi beneficiado, se encontra no estado do Mississipi e usa resíduos sólidos municipais e resíduos de madeira para produzir biocombustíveis e bioprodutos. Destinaram-se às pesquisas fundamentais das áreas chaves da produção de biocombustíveis, 107 milhões de dólares. Neste caso, essa verba foi utilizada para apoiar projetos premiados que visavam desenvolver tecnologias de ponta como o desenvolvimento de catalisadores, enzimas e microrganismos produtores de biocombustível. E mais de 19 milhões foram destinados para pesquisas que otimizavam o uso do etanol e bioetanol e apoiavam sua infra-estrutura (DOE, 2012).

Além desses incentivos a Lei também previu um crédito fiscal no valor de até 30% dos custos de capital para projetos aprovados, o chamado crédito tributário de reabastecimento alternativo. Nesse caso, o crédito fiscal era fornecido para determinadas empresas (como por exemplo, postos de gasolina) que instalassem bombas de combustível alternativas como etanol, gás natural e etc (IEA, 2017).

Com a lei foi possível aumentar a produção de energia limpa no país, entretanto quantitativamente não foi possível obter essa informação. Tal incentivo demonstrou o apoio e o interesse do governo federal pela energia limpa e foi importante para dar início à indústria de energia alternativa na América (THE BALANCE, 2017). A Lei garantiu

investimentos estratégicos em energia limpa, que promoveram a criação de empregos e a implantação de tecnologias com baixa emissão de carbono.

A figura (A2) seguinte mostra alguns dos projetos beneficiados pela *American Recovery and Reinvestment Act*, dentre eles tem-se aqueles que beneficiaram as biorrefinarias, a infra-estrutura e a pesquisa básica.

Figura A2: Projetos beneficiados pela ARRA
Fonte: Adaptado de DOE (2012).

Ficha

Em 5 de outubro de 2009, o então presidente dos Estados Unidos, Barack Obama, assinou a Ordem Executiva (O.E) 13514 (Liderança Federal em Desempenho Ambiental, Energético e Econômico). A Ordem veio com o objetivo de expandir a redução de energia e reforçar a preocupação com os aspectos ambientais, tornando a gestão de gases do efeito estufa prioritária para o governo federal. Com essa O.E o governo passou a estabelecer reduções das emissões de gases do efeito estufa como uma métrica de desempenho abrangente e integradora para todas as agências federais e a requerer um processo de planejamento deliberativo, vinculado a alocações de orçamento e avaliado pelo Escritório de Gestão e Orçamento (OMB) para, dessa forma, garantir a realização das metas. Assim, a Ordem Executiva 13514 definiu requisitos em relatórios com metas detalhadas e cronogramas para as agências federais com foco no transporte, uso geral de energia e no ramo da construção civil. Exigindo que todas as agências federais passassem a medir, relatar e reduzir suas emissões de gases do efeito estufa (IEA, 2017; GPO, 2009).

Assim, o objetivo da O.E 13514 é estabelecer uma estratégia integrada para a sustentabilidade no governo federal e tornar as emissões de gases do efeito estufa uma prioridade para as agências federais, a fim de alcançar uma economia de energia limpa.

Para atingir esse objetivo as agências federais tiveram que passar a cumprir uma série de requisitos como o estabelecimento e a informação por parte de cada agência federal à Diretoria de Orçamento do Conselho da Câmara de Qualidade Ambiental e ao Escritório de Gestão e Orçamento de um objetivo de redução percentual das emissões de GEE para o ano fiscal de 2020 em toda a agência, em termos absolutos em relação a uma linha de base do ano fiscal de 2008. Além dessa obrigação, também coube às agências enviar anualmente os inventários com os resultados obtidos. Por fim, as agências foram chamadas a reforçar os esforços para a construção de comunidades sustentáveis; melhorar a eficiência e gestão da água; melhorar a gestão da frota e dos transportes, sobretudo no que se refere a redução do uso de combustíveis fósseis e o incentivo ao uso dos biocombustíveis; melhorar a eficiência de prevenção da poluição e redução de resíduos para as agências federais e desenvolver, implementar e atualizar anualmente um plano estratégico de desenvolvimento sustentável que priorize as ações das agências com base no retorno do investimento (DOE, 2010; FEDCENTER, 2009; GPO, 2009).

Além das orientações, recomendações e planos, a O.E 13514 estabelece os seguintes objetivos numéricos para as agências: (1) reduzir o consumo de petróleo em 2% ao ano até o ano fiscal de 2020; (2) reduzir em 2% anualmente o uso da água potável nas indústrias, na

agricultura e paisagismo até 2020; e (3) assegurar que 95% de todos os novos contratos, incluindo as modificações de contratos, exijam produtos e serviços que sejam eficientes em termos energéticos, eficientes em termos de energia, *bio-based*, ambientalmente preferíveis, não prejudiciais a camada de ozônio, contenham conteúdo reciclado e sejam menos ou não tóxicos (DOE, 2010; GPO, 2009).

Não foi possível angariar claramente quais os resultados já foram obtidos com a O.E 13514, uma vez que os documentos não deixam isso muito claro. Mas segundo alguns dos relatórios disponíveis em FedCenter.gov a Ordem pretende continuar com a implementação dos sistemas de gestão ambiental existentes para alcançar o desempenho necessário e continuar atingindo o objetivo principal de redução das emissões de gases do efeito estufa, além de continuar assegurando que os esforços e as recomendações estejam sempre em andamento, coordenando os grupos de trabalho interagências existentes para avançar com a implementação e garantir a revisão das instruções existentes quando se fizer necessária (FEDCENTER, 2015).

Ficha

A Lei de Alimentos, Conservação e Energia de 2008 – *Food, Conservation and Energy Act of 2008* – estabeleceu, em 2009, o Crédito Tributário para Produtores de Biocombustíveis Celulósicos – *Cellulosic Biofuel Producer Tax Credit.*

A política em questão ficou em vigor até o ano de 2016 e, oferecia aos produtores de biocombustíveis celulósicos, devidamente registrados no Internal Revenue Service (IRS)[12], um crédito fiscal no valor de até US$ 1,01 por galão de biocombustível celulósico que, durante o ano tributável fosse: (a) vendido e usado pelo comprador para produzir uma mistura de biocombustível celulósico no comércio ou na empresa compradora; (b) vendido e usado pelo comprador para revenda no varejo como combustível para veículos motorizados ou (c) usado pelo produtor para qualquer uma das finalidades anteriormente descritas. Segundo essa política, a produção de biocombustível celulósico de qualquer produtor, para qualquer ano tributável não deveria incluir qualquer adição de álcool comprado pelo produtor. Ressalta-se que para se qualificar, o biocombustível celulósico deveria atender aos requisitos de registro de aditivos de combustíveis da Environmental Protection Agency (EPA). Assim, no caso, se o biocombustível celulósico se qualificasse para obter os créditos fiscais de combustível, o valor do crédito era reduzido para US$ 0,46 por galão de biocombustíveis que fosse etanol e US$ 0,41 por galão se o biocombustível não fosse etanol (IEA, 2017; GPO, 2010).

O incentivo, dessa forma, era permitido como um crédito sobre o imposto do produtor. E assim, de acordo com a legislação, somente o biocombustível celulósico qualificado produzido nos Estados Unidos entre 1 de janeiro de 2009 e 31 de dezembro de 2016, para uso nos Estados Unidos, pôde ser elegível. Depois de estabelecida, em 2009, a política foi revisada em 2012 e pela última vez em 17 de dezembro de 2014 pela Lei Pública 114-113. Em ambos os casos, as revisões ficaram focadas na expansão dos créditos tributários concedidos aos produtores de biocombustíveis celulósicos, entretanto não foi possível saber de quanto foram tais ampliações. Além disso, na última revisão, ampliou-se também os créditos para os produtores de biocombustíveis celulósicos a base algas (BERGNER, 2014).

Atualmente, há esforços no Congresso dos EUA para revalidar, reformar e ampliar este crédito fiscal (que teve seu fim em 2016) por vários anos, a fim de torná-lo mais efetivo na promoção da expansão e comercialização da indústria de biocombustíveis de segunda geração no país, sobretudo no setor de transportes (RFA, 2017).

[12]Agência responsável pelo serviço da receita do Governo Federal dos Estados Unidos e subordinada ao Departamento do Tesouro (Department of the Treasury).

Em 25 de junho de 2013, o então Presidente dos Estados Unidos, Barack Obama, apresentou o *US Climate Action Plan*, um plano de ação climático responsável por promover atividades necessárias à redução das emissões de gases do efeito estufa (GEE) que causam mudanças climáticas e ameaçam a saúde pública.

O plano, que consiste em uma ampla variedade de ações executivas, possui três pilares fundamentais (DOE, 2014):

- O corte da poluição por carbono nos Estados Unidos;
- Preparar os Estados Unidos para os impactos da mudança climática;
- Liderar os esforços internacionais para combater a mudança climática global e fornecer preparo para enfrentar seus impactos.

Para a elaboração deste estudo, dentre os três pilares fundamentais anteriormente expostos, o mais importante aqui é o primeiro pilar, por isso a atenção será voltada a ele.

Antes da apresentação do plano de ação em 2013, Barack Obama, em 2009, já havia assumido o compromisso de reduzir as emissões de GEE na faixa de 17% abaixo dos níveis do ano de 2005 até o ano de 2020. Por conta disso, o plano de ação foi significativamente importante para que progressos positivos nesse sentido fossem sendo alcançados. Resultados consideráveis foram então atingidos para reduzir as emissões de GEE, como o aumento da geração de eletricidade a partir de energia eólica, solar e geotérmica, além do estabelecimento de novos padrões de economia de combustível fóssil. As conquistas iniciais foram importantes e garantiram a continuidade do plano de ação. Entretanto, devido à intervenção do atual presidente, o plano segue em vigor até o momento, mas não mais sob jurisdição nacional. Parcerias entre os estados, comunidades locais e o setor privado asseguram o prosseguimento do plano (IEA, 2017).

Como forma de atingir o corte da poluição por carbono nos EUA, o plano propôs a construção de um setor de transporte característico do século XXI. Com padrões crescentes de economia de combustível e o desenvolvimento e implementação de tecnologias avançadas de transporte, o que insere a produção e o consumo dos biocombustíveis. Os biocombustíveis têm um importante papel a desempenhar no aumento da segurança energética, no fomento do desenvolvimento econômico rural e na redução das emissões de gases de efeito estufa do setor de transporte. É por isso que o plano de ação apoiou o investimento em pesquisa e desenvolvimento para ajudar a colocar os biocombustíveis de segunda geração de forma permanente no setor de transportes. Por exemplo, a Marinha dos Estados Unidos e os departamentos de Energia e Agricultura passaram a trabalhar com o

setor privado para acelerar o desenvolvimento de biocombustíveis de segunda geração com baixo custo para uso dos setores militar e comercial. O plano contou ainda com o apoio do Departamento de Transportes, do Departamento de Habitação e Desenvolvimento Urbano e da Agência de Proteção Ambiental (EPA) para melhorar as opções de transporte e reduzir os custos de transporte, protegendo o meio ambiente em comunidades em todo o país. De maneira mais ampla, o plano, sob o apoio do governo federal, pretendia continuar alavancando parcerias entre os setores público e privado para implantar combustíveis mais limpos, incluindo baterias avançadas, tecnologias de células de combustível e biocombustíveis de segunda geração, em todos os modos de transportes (IEA, 2017; DOE, 2014).

A reversão significativa e altamente adversa da política climática em andamento a nível federal nos EUA pode ser vista nas ordens do atual presidente. Com sua Ordem Executiva sobre "independência energética", em março de 2017, o Presidente Trump rescindiu o Plano de Ação do Clima da Administração de Obama. Seguindo a ordem, em outubro de 2017, a EPA propôs oficialmente a revogação do plano. A administração de Trump também está considerando uma nova tarifa de importação de painéis solares, enquanto o Secretário de Energia Rick Perry propôs uma medida para prolongar a vida das usinas de carvão programadas para "aposentadoria prematura" através de um pagamento por atributos de "resiliência" da rede, quanto aos combustíveis de segunda geração, nada foi pronunciado (CLIMATE ACTION TRACKER, 2017).

No entanto, em resposta à destruição federal do progresso climático, estados, cidades e organizações estão se dedicando em preencher a lacuna causada pela eliminação do apoio federal. Porém, para atingir os objetivos iniciais, propostos pelo plano de ação, de redução de GEE, os Estados Unidos teriam de voltar a implementar o plano de ação proposto por Obama, ou medidas equivalentes. As políticas atuais dos EUA só reduzirão as emissões para 10% abaixo dos níveis de 2005 até 2025 (cinco anos a mais do que havia sido proposto), interrompendo a tendência descendente da última década (CLIMATE ACTION TRACKER, 2017).

APÊNDICE 2 – ARTIGO (REVISTA – Renewable Sustainable Energy Review)

AMERICAN POLICY MIX EVOLUTION TO FOSTER CELLULOSIC ETHANOL DEVELOPMENT

Paula Oliveira; Student of Master - School of Chemistry, Federal University of Rio de Janeiro / RJ, Brazil. (paguiaroliveira@gmail.com)
Fábio Oroski; D.Sc. - School of Chemistry, Federal University of Rio de Janeiro / RJ, Brazil. (oroski@eq.ufrj.br)
Flávia Alves; D.Sc. - School of Chemistry, Federal University of Rio de Janeiro / RJ, Brazil. (falves@eq.ufrj.br)

Abstract

Many countries have shown increased interest in promoting actions for renewable sources to have a significant stake in their energy matrix. Given this scenario, 2G Ethanol plays an important role in presenting itself as a technology capable of contributing to overcome the current international energy and environmental challenges. However, since its development process is still in its infancy, the production and consumption of 2G Ethanol requires the implementation of public policy instruments that continuously support research and development activities, as well as accelerate investment in new commercial plants and capable of structuring both supply and demand. This work, therefore, sought to understand the construction of the mix of 2G ethanol policy in the United States, trying to analyze how this set of policies is characterized by political consistency and consistency [11] and its extent to raw material, technology, types of actors, political instruments and political drivers. The methodology used in the study consisted in the search for the main US policies to encourage biofuels, especially the 2G Ethanol, from 2000 to 2016, and the elaboration of a table with the main variables of analysis, according to the reading and interpretation of the documents of each policy. The analysis revealed the presence of varied instruments of supply and demand, the encouragement of the participation of different players, the development of different stages of the production chain, among others. The policies analyzed, in principle, did not limit development towards a raw material or technology, suggesting an enrichment of the process of innovation and development of 2G Ethanol. In addition, it was found that some political changes of the set were proposed by the conversion or substitution processes. And in general policies have been coherent and consistent, despite the contradictory moments and failures that existed, more perhaps as a natural feature of the whole process of building a policy mix.

Keywords: 2G Ethanol, Public Policies, Biofuel, Energy

1. Introduction

Growing concern about the consequences of climate change and the evidence of the relationship between these and the use of fossil fuels reinforces countries' interest in

renewable energy sources. In this context, many countries have already demonstrated some interest in promoting actions to increase the participation of alternative renewable sources in their energy matrix. One of the reasons for this transformation comes from the need to reduce the use of oil-based products and, moreover, the dependence on the oil exporting countries.

Under this scenario biofuels are included, such as traditional ethanol or 1st Generation Ethanol (1G), which has already been produced on a commercial scale for decades. However, it is produced from vegetable raw materials with easily extractable sugars, mainly sugar cane and corn, so that its expansion leads to the need to expand crops. This is one of the factors that establishes a conflict between biofuels and food production, since in many countries the growth of plantations means competition for arable land. Some specialists believe increasing in ethanol production can lead to to higher food prices and increased deforestation [5,20]. Therefore, the production of 1G Ethanol, even if already technologically and commercially consolidated, still faces challenges, especially those related to its the feedstock.

In this context, the search for new ways to generate biofuels from residues has been observed. Ethanol 2G, also known as lignocellulosic or cellulosic ethanol, is produced from lignocellulosic biomass and demands the development of innovative technologies in its production process. 2G Ethanol2G has been pointed out as an important biofuel, and the development of technologies for its production is required to be able to cope with the most current international energy challenges, such as oil price instability, dependence the increasing world demand for biofuels, as well as climate issues [5]. However, as the development process is still in its infancy, the 2G Ethanol production and consumption in commercial scale claim the implementation of public policies that continuously support research and development activities, as well as accelerate investments in new commercial plants, in order to stimulate not only the supply, but also the demand.

The main objective of this work is to understand how the process of construction of the mix of policies of incentive to 2G Ethanol in the United States took place. Understanding how the political chain was adopted in a temporal perspective, analyzing, for this, some dimensions and variables linked to policies - such as political instruments, political drivers, types of raw materials / technologies encouraged, specificity or not policy towards Ethanol 2G and others. Characterizing, the process of construction and comprehensiveness of the policy mix studied. And, finally, analyzing how policies behave in terms of consistency and consistency [7,8,11, 14, 17, 19].

The next section (2) consists of a bibliographical review with the main theoretical arguments that help to understand the problem. A review of some work on policy mix and policy coherence and consistency will be presented. Section 3 presents the methodology used in the development of the work. In this section the variables considered important for the analysis and the justification for the choice of the country to be studied are presented. Section 4 presents the analysis of the results and the discussion of the work. In section 5 we have the conclusion of the study, limitations and proposals for future studies.

2. Theoretical Review (Bibliographic Review)

Public policies are essential for the development of strategic sectors of the economy of a country. They are the result of efforts by governments to change aspects of behavior - both from their own agents and from society at large for some purpose [7]. As shown [18], studies of the combination of policies to support transitions and technological changes are increasingly common in the literature, especially those that argue for the need to combine different policy instruments in so-called policy mixes. In the face of this, [11] worked on analyzing energy efficiency policy mixes and examining how they developed over time, rather than contributing to discussions attempting to identify "optimal" policy packages. Moreover, as discussed by [4], there are no unambiguously "good" mixes of policy packages.

The combination of policies is not trivial, as pointed out by [1,2]. The intrinsic complexity of a policy framework aimed at enhancing the efficiency of a particular economic sector suggests that a large number of policy instruments must be implemented at the same time, both at the demand and supply levels, thus activating different response mechanisms within the system, from purely economic decisions made by market operators to behavioral changes of consumers. However, it should be emphasized that the mere accumulation of theoretically complementary instruments at some point may lead to negative or contradictory interactions, and there may be harmful uncertainties when a large, disproportionate variety of policy instruments is implemented jointly [4].

Policy combinations are complex arrangements of multiple goals and commonly they are developed gradually over many years [10]. Policy objectives can be defined as "strategic goals defined by political actors," goals that are often non-static or even non-coherent, that is, goals may change over time and not rarely cause conflicts. Policy instruments are tangible tools designed to achieve policy objectives [11]. More precisely, they can be seen as tools introduced by a governing body to achieve policy objectives, thus translating action plans [18].

The authors [18] addressed the importance of policy makers working to improve both the coherence and consistency of the elements of policy mix and policy processes, as well as the search for a balance among instruments. In this way, it becomes essential to understand policy design process by assessing the potential effects of policy mixes based on criteria such as consistency and consistency. Consistency can be defined as "the ability of multiple policy instruments to strengthen rather than undermine one another in the pursuit of policy objectives," and coherence is defined as "the ability of multiple policy goals to coexist with each other and with the rules of the instruments in a logical way "[7,11]. Using these concepts as reference, this work was developed to discuss coherence and consistency in the development of North American 2G Ethanol policy mix. developed. In this way, differentiating the characteristics of a set of policies comprises being able to distinguish the levels of consistency and consistency of such combination, since these are fundamental to the effectiveness and efficiency of the whole package.

Studies on policy instruments and initiatives are recurrent in the literature, because both among policymakers and academics there is a growing interest in the effects of combinations of goals and instruments (ie, policy mixes) and how they evolve over time [9, 11, 14, 17, 18, 19].

Every process of change, especially the development and advancement of an alternative source of energy, such as the case of 2G Ethanol, is made more feasible by the influence of public policies, which can accelerate the whole process. When properly drafted and revised, policies are able to expand the capacity of the productive and innovative system of specific segments. For this, they should be effective in stimulating and favoring the segment in question through interventions that help to exploit the potential, create conditions conducive to development, open up windows of opportunity and boost the sector's competitiveness in the country [3, 6, 13].

3. Methodology

The methodology of this work consisted in the construction of a data base with the main policies that, in some way, presented in its scope the incentive to the development of 2G Ethanol in the United States.

Data for policy research were obtained from the IEA (International Energy Agency) in partnership with IRENA (International Renewable Energy Association) - Policies and Measures Database [9]. This base is one of the most complete in terms of policies and measures related to the development and deployment of renewable energy. Once the policies were identified from database, they were classified according to the following variables: policy instruments, policy driver, types of actors and stage in the value chain. The analysis of the variables was done on a time scale so that it was possible to identify the relationship between them, to discuss the coherence, the consistence and the diversity of the proposed set of policies.

It should be emphasized that an analysis of the public policies of the United States that are restricted to the federal support (national jurisdiction) will be carried out, since to analyze the initiatives of each North American state would make the work very extensive and more complex, since there are different initiatives characteristic of each of these states. The initial search for policies aims to illustrate the vast array of measures used by the country and its main variables, which will help to understand how the mix of 2G Ethanol incentive policies was being built in the country. The choice of analyzing the US 2G Ethanol development policies is justified by the fact that the country occupies the first position among the countries with installed capacity of this biofuel and, more than that, by presenting a set of well the adoption of various programs and action plans that support the country's research, development and increasing adhesion of new technologies, as well as the incentives to invest in productive capacity, as well as mandatory mandates for 2G Ethanol.

In addition, it should be pointed out that the time cut used in the search period comprises the period from 2000 to 2016. This is because, according to some studies [5, 15,20] it was in the early 2000s that the US government created laws and policies to support biofuels more intensively. The year 2000 was the year in which the US government approved the Biomass R & D Act, a law whose primary objective was to rapidly enable new technologies and processes needed to create biomass availability and biofuel production [15,20].

The analysis up to 2016 represents a time cut that is justified by a cycle, with the end of the Obama Administration, which has brought a lot of investment for the development of biofuels and the start of the Trump Government, which is openly in favor of fossil fuels.

Once the policies are identified, it is necessary to establish the variables that will then be characterized. In this case, the variables in question are considered as those that will allow

an understanding of the construction of the policy mix. Thus, the following topic presents the variables that will be analyzed in each of the policies.

Figure 1 presents the four variables proposed to analyse each of the policies and how they contribute to analysis.

Variables	Importance in Analysis
Instruments / Purpose of Instruments	It allows you to check how the policies have been directed over time. For example, if at the beginning they were supply-oriented for technology, if from the beginning there was a demand policy and how, in fact, policies were structured to encourage the development of biofuel
Political Drivers	It allows identifying the possible directions that are being addressed by the policies, through the recognition of the different concerns that have arisen.
Types of Actors	It allows identifying which entities could benefit from the policy. In such a way, that it becomes possible to recognize the entrance or not of different actors. And thus to be able to infer what the relation that the policies are playing in relation to the existent regime.
Internship in the Value Chain	It allows verifying whether the policies were able to reach the entire value chain of Ethanol 2g, from the supply of the raw material to the structuring of demand and supply. In this way, the challenges that have been appearing.

Figure 1: Variables analyzed and their respective importance for an analysis. Source: Own elaboration

4. Results and Discussion

The research identified nineteen policies in some degree related to the 2G Ethanol development. Figure 2 brings a chronological presentation of them from 2000 to 2016.

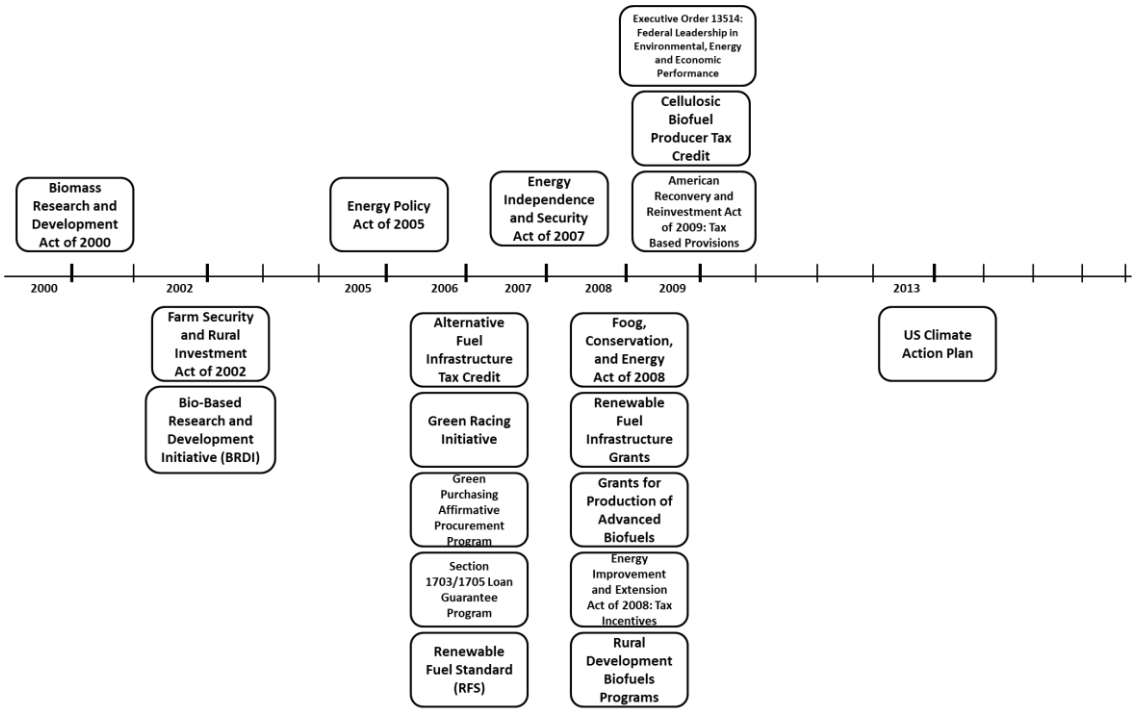


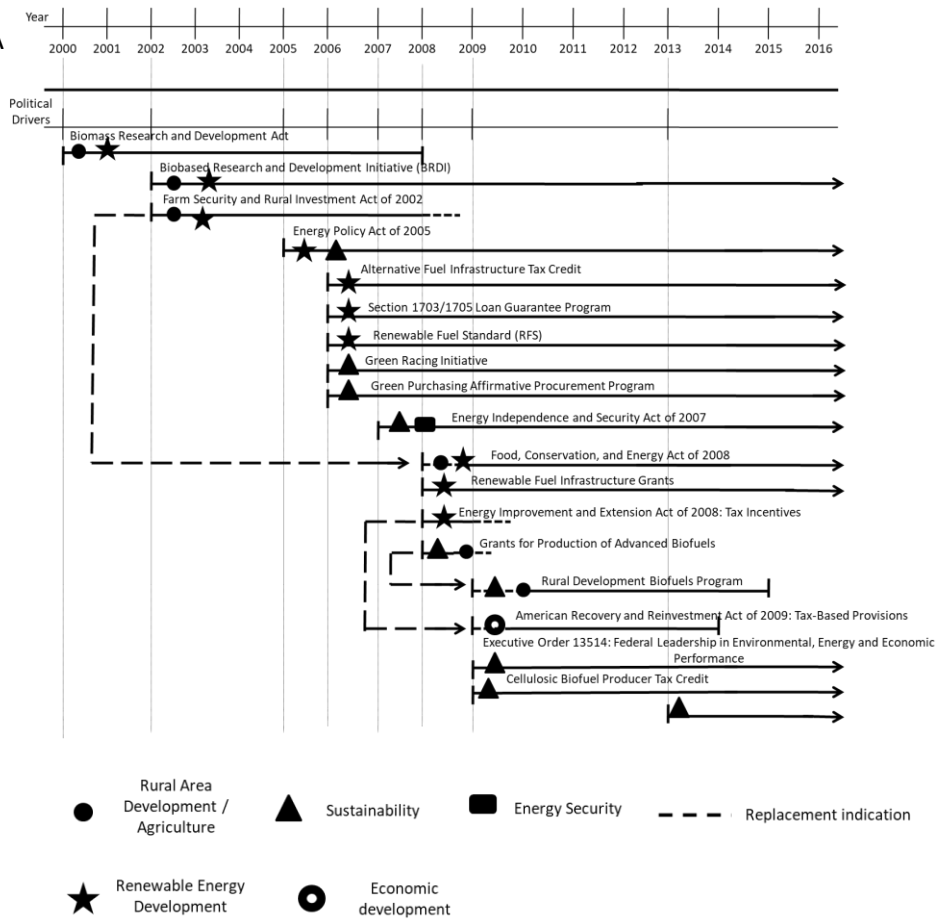
Figure 2: 2G Ethanol related policies (2000-2016). Source: Own elaboration.

The analysis of the temporality of the variables made it possible to identify relationships when exploring the connection of instruments, objectives and other variables, besides allowing to identify the occurrence or not of policy coherence and consistency within the proposed policy set.

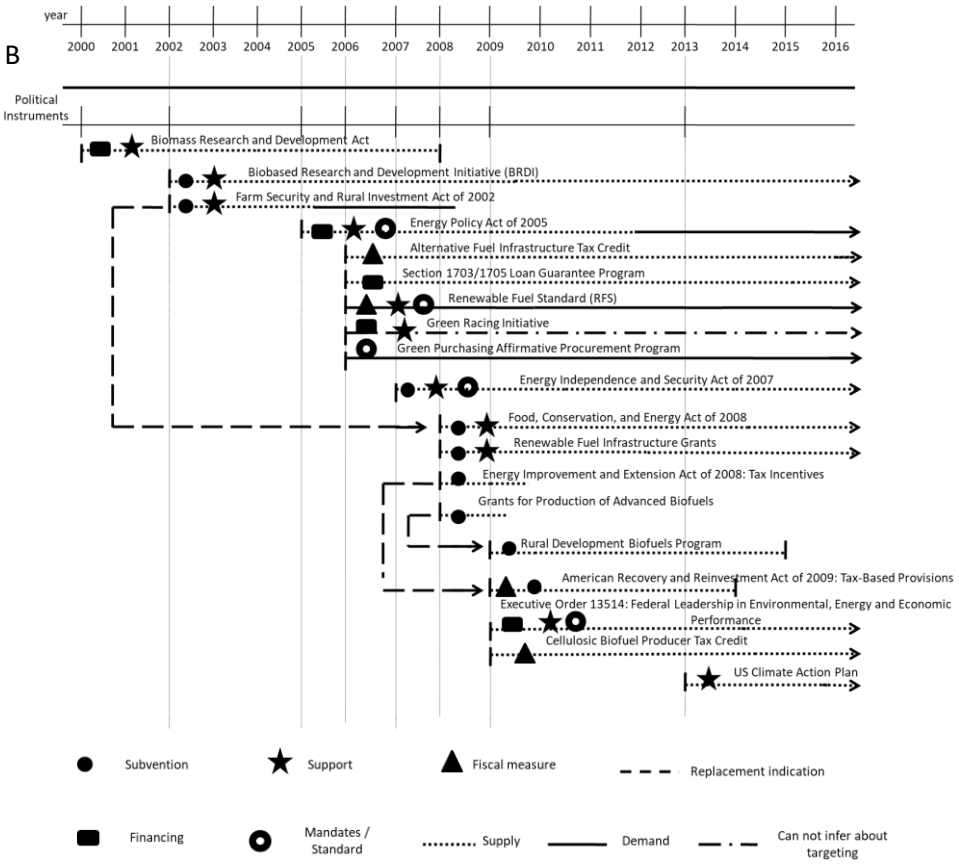
4.1. Temporality of variables

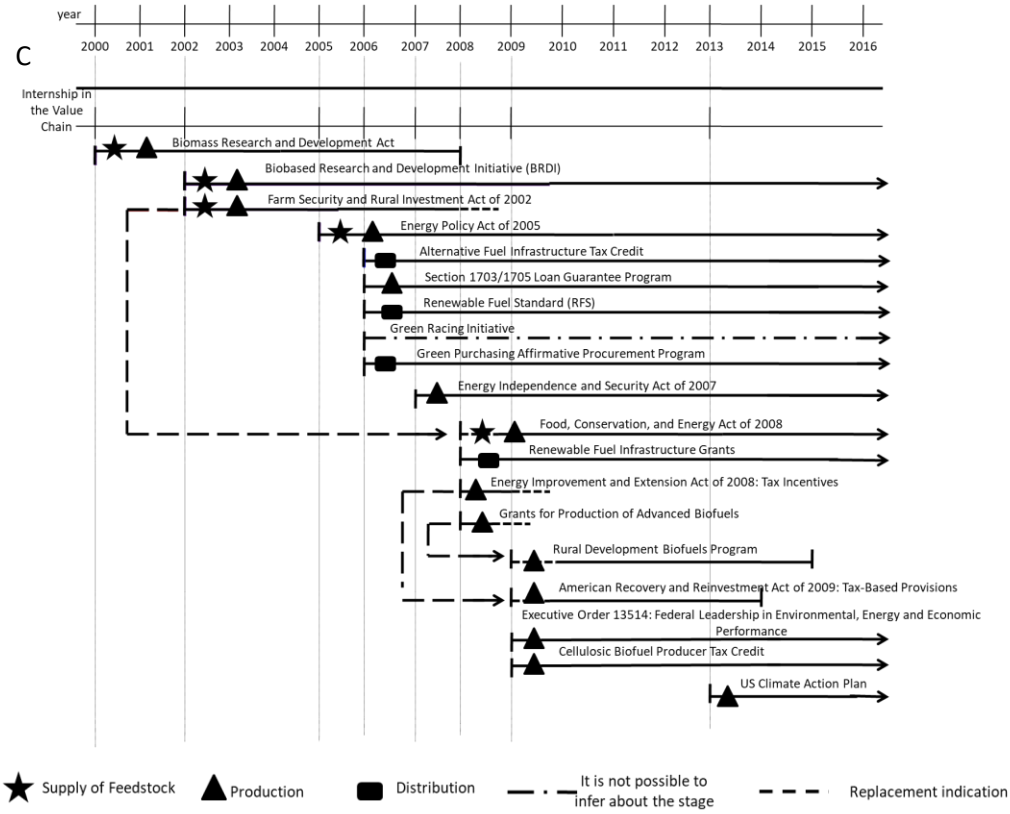
The following diagrams, presented in Figure 3, depict the temporality of the four analyzed variables. The variables were arranged for each of the policies in the period from 2000 to 2016. The diagrams provide the dynamics of the analysis, in the sense that through them it is possible to observe the direction that has been given over time to the set of incentives to 2G Ethanol in the United States.

A


Year
2000 2001 2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016
Political Drivers
Biomass Research and Development Act
Biobased Research and Development Initiative (BRDI)
Farm Security and Rural Investment Act of 2002
Energy Policy Act of 2005
Alternative Fuel Infrastructure Tax Credit
Section 1703/1705 Loan Guarantee Program
Renewable Fuel Standard (RFS)
Green Racing Initiative
Green Purchasing Affirmative Procurement Program
Energy Independence and Security Act of 2007
Food, Conservation, and Energy Act of 2008
Renewable Fuel Infrastructure Grants
Energy Improvement and Extension Act of 2008: Tax Incentives
Grants for Production of Advanced Biofuels
Rural Development Biofuels Program
American Recovery and Reinvestment Act of 2009: Tax-Based Provisions
Executive Order 13514: Federal Leadership in Environmental, Energy and Economic Performance
Cellulosic Biofuel Producer Tax Credit
Rural Area Development / Agriculture
Sustainability
Energy Security
Replacement indication
Renewable Energy Development
Economic development

B


year
2000 2001 2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016
Political Instruments
Biomass Research and Development Act
Biobased Research and Development Initiative (BRDI)
Farm Security and Rural Investment Act of 2002
Energy Policy Act of 2005
Alternative Fuel Infrastructure Tax Credit
Section 1703/1705 Loan Guarantee Program
Renewable Fuel Standard (RFS)
Green Racing Initiative
Green Purchasing Affirmative Procurement Program
Energy Independence and Security Act of 2007
Food, Conservation, and Energy Act of 2008
Renewable Fuel Infrastructure Grants
Energy Improvement and Extension Act of 2008: Tax Incentives
Grants for Production of Advanced Biofuels
Rural Development Biofuels Program
American Recovery and Reinvestment Act of 2009: Tax-Based Provisions
Executive Order 13514: Federal Leadership in Environmental, Energy and Economic Performance
Cellulosic Biofuel Producer Tax Credit
US Climate Action Plan
Subvention
Support
Fiscal measure
Replacement indication
Financing
Mandates / Standard
Supply
Demand
Can not infer about targeting



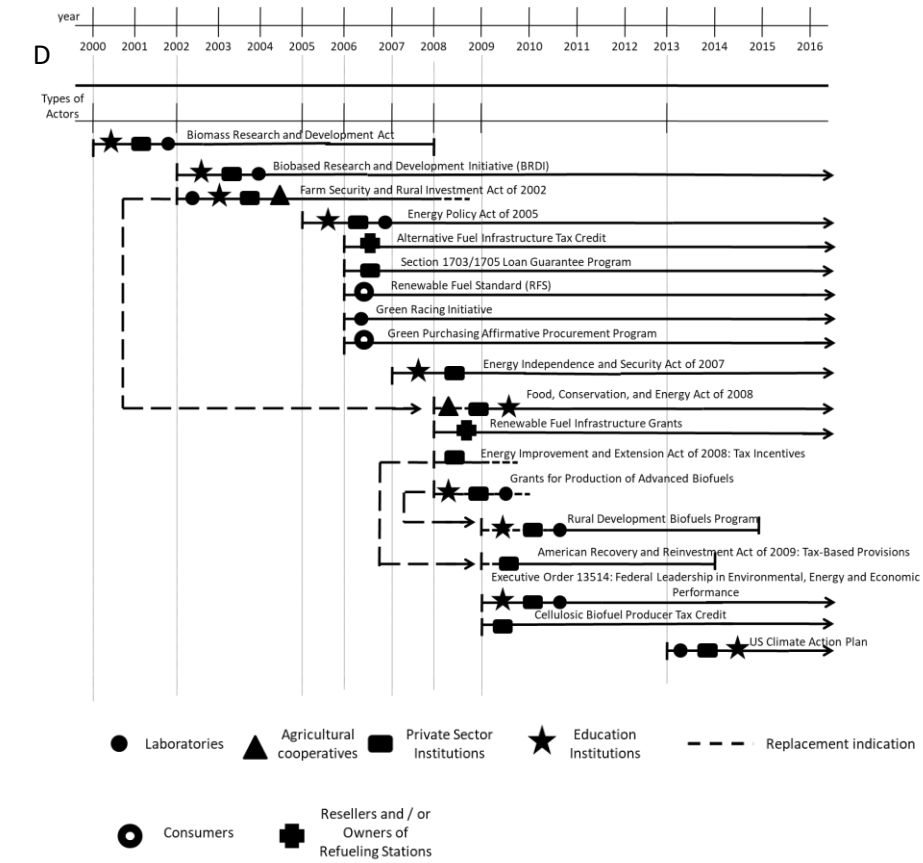


Figure 3: Diagrams with the representation of the analyzed variables of each of the policies in the period of sixteen years (2000-2016). A) Policy drivers; B) Policy instruments; C) Stage in the value chain; D) Types of actors involved. Source: Own elaboration.

The temporal analysis of the variables indicates a very significant diversity in the set of policies in question. It is interesting to note that there was a concern about different aspects that could influence the development of 2G Ethanol in the United States. Thus, the proposed policies attempted to fill different gaps that were or would be potential challenges to the biofuel development process in question, seeking to form an apparent structured and balanced policy mix.

For example, policies have fostered the structuring both demand and supply sides. It can be confirmed through the use of different policy instruments which allowed the construction of a diversified set of policies capable of providing incentives both to produce 2G Ethanol and for stimulating the consumption of this biofuel. The analysis made it possible to identify the use of various instruments by each policy, thus characterizing a set of policies that make use of economic, regulatory or support instruments to promote the direct or indirect development of biofuels (especially 2G Ethanol), according to the objective of each policy. These instruments are presented over the period analyzed in different policies. In addition, some policies employ more than one type of policy instrument, but what the analysis suggests is that there is no targeting for specific types of instruments, there is actually a bet on the various types of instruments and complementarity among them, which should indicate policy coherence. Over time, in the set of policies formed, the instruments coexisted in the same period resulting in a self-reinforcing mechanism. . Thus, for example, capital subsidies for the construction of a commercial plant, provided by a certain policy, were added to the fiscal measure included to the sale price of the biofuel proposed by another policy. In this sense, the instruments are reinforcing and characterizing, as propose by [11], policy consistency.

Policies have also been concerned with involving different actors profiles, from research laboratories and higher education and research institutions to private firms. To a certain extent, this is related to the incentives given to the different stages of development of 2G Ethanol, that is, the policies were able to contemplate the different stages for the development and advancement of 2G Ethanol, encouraging from basic research to the construction of plants on a commercial scale, through support for the construction of pilot and demonstration facilities. In addition, there was a concern to be present at the different stages of the 2G Ethanol value chain, with policies to encourage raw material supply, production (raw material pre-treatment and conversion stages) and distribution.

Policy objectives were also diversified. There are policies aimed at both economic development and sustainability, from the development of renewable energies to the development of agriculture. This shows that diversified policy objectives were noted over the period analyzed. However, somehow the development and production of biofuels had to be present in order for the main objective to be reached, whatever it was. For example, when the main objective was the development of agriculture, policies to this end found in the development of biomass for the production of biofuels a way to promote the economic development of the rural area. The same happens in those policies was aimed at the development of renewable energies. In this case, the main interest was to make renewable

energy sources part of the country's energy matrix, and therefore the development of biofuels was necessary, among them 2G Ethanol.

Few policies were replaced during the sixteen years analyzed, a total of three policies only. And among these substitutions, little has been changed in relation to the analyzed variables, which in a way suggests a temporal coherence between the policies elaborated, according to the definition proposed by [7], that the temporal coherence concerns the predictability of policies over time. Therefore, the fact that they have been maintained over time, thus building a sequence in the proposed policy set, generates a greater reliability from players involved to make future investments. Despite the different objectives and instruments, it is possible to assume that one policy has reinforced and complemented the other, with the intention of achieving each one the desired objective, thus suggesting consistency to the proposed set.

The analysis points to a seemingly complete policy scenario [2,10], in the sense that the set of policies constructed seems to have influenced several important issues for the development of 2G Ethanol in the United States. However, despite all the policies effort made, production does not advanced according to initial expectations and the process of developing 2G Ethanol seems still very unstable, with the entry and exit of companies in the sector and the emergence of challenges that at first were not thought of. In this sense, the policies seem to have been somewhat optimistic about the overall process of biofuel development. For example, the advance of demand policy has made ethanol consumption targets too high to be met by the supply being created. It was necessary to revise the goals, to make them lower so that they could be achieved. This seems to be an example of policy incoherence where there is a divergence from the point of view of regulation, which is expected, since adjusting targets is part of the overall process of political structuring.

It is natural that a degree of inconsistency and inconsistency appear along the process of building a set of policies [7]. The policy undergoes revisions over time and must be adapted to the environment signs in which it is inserted, and it is necessary that there is room for adjustments. For example, when developing instruments for supply and then for demand, it is expected that what was initially proposed for the supply will happen in the planned time initially. If this is not the case, the review should be considered to make the adjustments required. Thus, the revision is part of the policy-making process, so that inconsistency corrections can be made along the policy existence. The still low production of 2G Ethanol in the United States and the uncertainty regarding the biofuel development process may be a reflection about the speed implemented in adapting the established targets in the sense that there may not have been space and time for the necessary adaptations policies and instruments over the period. Perhaps these policies have overestimated the speed of 2G ethanol development process, creating a very optimistic view of technological development, "uncapsulating" technologies that were not yet ready to be adopted on a commercial scale..

5. Conclusion

The policies analyzed seem to have sought to foster 2G Ethanol from a systemic perpective, as they have committed themselves to stimulate not only research and technological development, but also infrastructure, logistics and demand. Thus, the incentive

package covers the interests of both the supply side of the producers and market issues. The construction of this set of 2G Ethanol incentive policies in the United States allowed the verification of the presence of different instruments and directives of existing policies. In addition, inconsistency was also identified in the elaboration of this diversified policy package.

The set of policies analyzed comprises initiatives that have addressed or still addresses the main issues related to the development and production of 2G Ethanol. This set shows a diversity of instruments to stimulate both supply and demand.

The temporal analysis of the variables allowed us to noticed that over time the policies were reinforced and complemented, characterizing a temporal coherence and a consistency of the instruments adopted in the mix. When changes occurred, the changes caused did not cause any kind of divergence or inconsistency. And even having some policies that were under the coordination of different agencies, which involved distinct interests, the divergences, if any, were not perceived.

In the mix of policies studied, such as change control policies, such as the process of conversion or substitution, as pointed out in the analysis. However, what is worth mentioning is that, as the authors themselves do not always affirm the process of political re-drawing will lead to consistency and consistency of the mix, because many factors are involved in this process and it is natural that points of inconsistency and inconsistency appear . The layers, movement, and conversion processes, even when intentionally designed as a way to mend policies in order to correct existing flaws or allow for adaptation to changing circumstances may fail.

To conclude, one point is made about the fact that the study was done in relation to US public policies. It is that this does not make it possible to generalize the American case for the other cases of incentive and development of 2G Ethanol. This is because the growth of production and the increase of the consumption of this biofuel are directly related to the posture adopted by the State and the other conditions of the characteristic environment of each country, being natural that the variables that shape the governmental decisions are modified according to the economic scenarios and politicians. Thus, "political solutions" considered more appropriate for the US will not necessarily be ideal for other countries, as differences and challenges can affect countries differently, even though they have their economic, technological and political bottlenecks that affect the progress of the segment associated with 2G Ethanol.

The study was limited to examining the documents of each of the policies analyzed. A study of the results already presented by these policies was not part of this study. Thus, it was not possible to identify or affirm the actual efficiency of the proposed policy mix, and it is possible to characterize it only. However, it is important to note that overcoming the challenges for the development of 2G Ethanol does not only occur through the action of public policies. Structuring for success requires the participation of a wide range of public and private actors from different sectors, stakeholders, the scientific / research community, trade and professional associations, environmental organizations, banks (the financial and investment community), established companies, start-ups, regulatory organizations and then government agencies. They are all stakeholders who have valuable perspectives that can help identify the most critical challenges and better define strategies for the effective

implementation of 2G Ethanol. Thus, the development of 2G Ethanol is a process that is directly influenced by a complex network of elements such as companies, government, consumers and so on.

The work did not attempt to analyze the environment, external pressures and influences that may interfere in the formulation of policies, did not look at the geopolitical issue, the energy issue, and economics etc. But all these are fundamental aspects of the landscape in which the process of development of 2G Ethanol is inserted, because they are direct and indirect influencers of the process of construction of a mix of policies. Thus, for future work, the suggestion is that a broader study be made of how the political mix sees the development of 2G Ethanol and how the landscape can intervene in the construction and alignment of the policy package, influencing its process of socio-technical transition.

6. References

[1] CANTNER, U., GRAF, H., HERMANN J., KALTHAUS, M. Inventor networks in renewable energies: The influence of the policy mix in Germany. **Research Policy**. v. 45, p. 1165-1184. 2016.

[2] CONSTANTINI, V., CREPI, F., PALMA, A., Characterizing the policy mix and its impact on eco- innovation: Apatent analysis of energy-efficient technologies. **Research Policy**. 2017.

[3] EDMONDSON, D.L., KERN, F., ROGGE, K. S., The co-evolution of policy mixes and social-technical systems: towards a conceptual framework of policy mix feedback in sustainability transitions. **Research Policy.** 2018.

[4] FLANAGAN, K., UYARRAA, E., LARANJA, M. Reconceptualising the 'policy mix' for innovation. **Research Policy**. v. 40, p. 702-713. 2011.

[5] GRIFFIN, W. M., *et al.* Ethanol Use in the United States: Status, Threats and the Potential Future. 2016.

[6] GUERZONI, M., RAITERI, E. Demand-side vs. supply-side technology policies: Hidden treatment and new empirical evidence on the policy mix. **Research Policy**. v. 44, p. 726-747. 2015

[7] HOWLETT, M., RAYNER, J. Design Principles for Policy Mixes: Cohesion and Coherence in 'New Governance Arrangements'. 2014.

[8] HUTTUNEN, S., KIVIMAA, P., VIRKAMÄKI, V. The need for policy coherence to trigger a transition to biogas production. **Environ. Innov. Soc. Transit**. v. 12, p. 14–30. 2014.

[9] IEA/IRENA. Joint policies and Measures Database. Disponível em: <https://www.iea.org/policiesandmeasures/renewableenergy/>. Acesso em 10 de janeiro de 2018.

[10] KERN, F., HOWLETT, M. Implementing Transition Management as Policy Reforms: a Case Study of the Dutch Energy Sector. **Policy Science**. v. 42, p. 391-408. 2009.

[11] KERN, F., KIVIMAA, P. Creative destruction or mere niche support? Innovation policy mixes for sustainability transitions. **Research Policy**. v. 45, p. 205-217. 2016.

[12] MILANEZ, A. Y. *et al.* De promessa a realidade: como o etanol celulósico pode revolucionar a indústria da cana-de-açúcar – uma avaliação do potencial competitivo e sugestões de política pública. **BNDES Setorial 41**. p. 237-294.

[13] NAIR, S., HOWLETT, M., Meaning and power in the design and development of policy experiments. **Futures.** v. 76, p. 67-74. 2016.

[14] NILSSON, M., ZAMPARUTTI, T., PETERSEN, J. E., NYKVIST, B., RUDBERG, P., McGUINN, J. Understanding policy coherence: analytical framework and examples of sector – environment policy interactions in the EU. **Environmental Policy and Governance.** v. 22, p. 395-423. 2012.

[15] NYKO, D. *et al.* A corrida tecnológica pelos biocombustíveis de segunda geração: uma perspectiva comparada. **BNDES Setorial**, Rio de Janeiro 32. p. 5-48. 2010.

[16] PEREIRA, W. S. A participação do Estado no fomento ao etanol como uma oportunidade estratégica de desenvolvimento econômico: as políticas federais de estímulo ao etanol no Brasil e nos Estados Unidos. Tese de Doutorado. Programa de Pós-graduação em Políticas Públicas, Setor de Ciências Sociais Aplicadas. Universidade Federal do Paraná. 2015

[17] RAVEN, R., KERN, F., SMITH, A., JACOBSSON, S., VERHEES, B. The politics of innovation spaces for low-carbon energy: introduction to the special issue. **Environmental Innovation and Societal Transitions**. v. 18, p. 101-110. 2016

[18] ROGGE S. K., REICHARDT, K., Policy mixes for sustainability transitions: An extended concept and framework for analysis. **Research Policy**. v. 45, p. 1620-1635. 2016.

[19] ROGGE, K. S., KERN, F., HOWLETT, M. Conceptual and empirical advances in analysing policy mixes for energy transitions. **Energy Research and Social Science.** v. 33, p. 1-10. 2017.

[20] SOARES, GUSTAVO ALVES. O avanço das tecnologias de segunda geração e seus impactos na indústria do etanol. Dissertação de Mestrado, Instituto de Economia. UFRJ. 2016.