

O ACORDO DE PARIS E AS EMISSÕES DE GASES: IMPACTOS SOBRE A PRODUÇÃO DE SUÍNOS NO BRASIL

Carolina Silva Trindade
Augusto Mussi Alvim

Resumo: O trabalho analisa os impactos causados pela emissão de gases de efeito estufa (GEE) sobre a produção de suínos no Brasil, considerando as metas brasileiras de redução de emissão de GEE ratificadas no Acordo de Paris em 2015. Para tal, utiliza-se um modelo de equilíbrio parcial formulado como um Problema de Complementaridade Mista (PCM), o qual possibilita a construção de dois cenários alternativos. No primeiro propõe-se a cobrança de uma tarifa de carbono de R\$/Kg 0,021 aos produtores de suínos. No segundo, considera-se o fornecimento de uma renda adicional de R\$/Kg 0,379 pela utilização de biodigestores na produção brasileira de suínos. Os resultados do primeiro cenário indicaram prejuízo para os produtores brasileiros. Em referência às metas brasileiras do Acordo de Paris, houveram reduções de 14% até 2025 e 21% até 2030 nas emissões dos suínos, diminuindo 2% (até 2025) e 3% (até 2030) as emissões do setor agropecuário, à níveis de 2016. Apesar disso, as metas para o setor foram superadas em 37% (2025) e 51% (2030). Os resultados do segundo cenário mostraram-se favoráveis aos produtores brasileiros. Estes contribuem para uma diminuição nas emissões da agropecuária até 2025 de 6% e até 2030 de 9%, em relação à 2016, sendo 4,5% e 6% superiores às estimadas no cenário 1. O biogás gerado contribuirá para o aumento de 10% da participação de bioenergia na matriz energética nacional, ficando 8% abaixo da meta para 2030.

Palavras-Chave: Acordo de Paris. GEE. Suínos. Tarifa de carbono e Biodigestores. PCM.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil atualmente é o maior produtor e exportador do agronegócio mundial. Em 2016 o setor representou 23% do PIB brasileiro e teve exportações iguais à US\$ 83,34 bilhões, correspondendo à 45% do total exportado pelo país. Este percentual foi bastante influenciado pela comercialização de carnes (principalmente para os EUA e a UE) que representou 22% das exportações totais do agronegócio. Destes 22%, 7% referem-se a exportações de carne suína. Assim, nos quesitos produção e exportação de suínos, o Brasil ocupa hoje a quarta posição (3,73 milhões de toneladas produzidas, e 732,9 mil toneladas exportadas). Em relação à produção destaca-se os mais de 900 mil vínculos empregatícios (diretos e indiretos) e a importância da agricultura familiar, que é responsável por 60% da carne suína produzida no país (BRASIL, 2018a).

Conforme Imaflora (2014) e o Observatório do Clima (2018), as emissões brasileiras de gases de efeito estufa (GEE) crescem aproximadamente 4% ao ano desde 1970, atingindo, em 2016, 2,27 bilhões de tCO₂e, sendo cerca de 20% advindos do setor agropecuário. Com isso, o Brasil é o 7º maior emissor de GEE em nível mundial. Dentro da agropecuária, a carne



(bovina, suína e de aves) é o produto que detém o maior percentual de impacto ambiental, tendo os resíduos derivados da produção de suínos representatividade de 2% no total de GEE emitido pelo setor. Logo, se os produtores não adotarem práticas de baixa emissão de GEE e alto sequestro de carbono, o processo de mudança climática será prejudicado.

Em virtude da preocupação mundial em relação ao aquecimento global, em 2015 iniciaram-se novas negociações para concretização de um novo acordo a exemplo do Protocolo de Quioto, que pautasse esses problemas e fizesse com que os países, juntos, pensassem em soluções para controlar essa situação. O Acordo ratificado pelo Brasil em 2015, foi chamado Acordo de Paris. Assim, o Brasil comprometeu-se a reduzir suas emissões de GEE em 37% até 2025 tendo como referência os níveis de 2005 e 43% até 2030, elevar em 18% a participação de bioenergia sustentável em sua matriz energética, restaurar 12 milhões de hectares de florestas e atingir 45% de uso de energias renováveis até 2030 (NAÇÕES UNIDAS, 2015).

Sendo assim, o artigo tem como principal objetivo avaliar os impactos das metas brasileiras, que restringem as emissões gases de efeito estufa, propostas no Acordo de Paris sobre a produção e exportação de suínos no Brasil. Para tal, primeiramente caracterizou-se o cenário mundial de produção e comercialização de suínos. Após, foram construídos e analisados os cenários da imposição de uma tarifa de carbono, e de implantação de biodigestor na produção, através de simulações, com PCM.

2 A IMPORTÂNCIA DA CARNE SUÍNA PARA A PRODUÇÃO E COMERCIALIZAÇÃO E A PREOCUPAÇÃO COM O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Em 2016, a carne suína ocupou a primeira posição no âmbito de consumo mundial, com representatividade de 42,9%. Segundo a Associação Brasileira de Proteína Animal (2017), em 2016 a produção de suínos atingiu 3,73 milhões de toneladas, e suas exportações registraram aumento de aproximadamente 30% em relação ao valor de 2015 (421,23 mil toneladas).

Verifica-se, a partir da tabela 1 exposta a seguir, que os maiores produtores e consumidores são a China, a UE, e os EUA. Atentando-se para a China, vê-se que a mesma compreende 46,73% do consumo mundial, pelo fato da dieta de sua população ser baseada em proteína suína (GUIMARÃES, 2017). Já a UE e os EUA possuem elevada produção de carne suína e de aves em função dos problemas sanitários e fitossanitários enfrentados pela carne bovina a partir de 2013. Os principais exportadores são a UE, os EUA e o Brasil. O



volume de exportação do RM também é acentuado, e deriva da comercialização de países como o Canadá (3º maior exportador mundial) e Rússia (ALICEWEB, 2018; FAO, 2018).

É importante frisar que a razão entre o total exportado e o produzido pelos países apresentados é quase inexistente, conforme tabela 1, devido a dificuldades de acesso à alguns mercados, causadas por incidência de barreiras não tarifárias. Isto pode ser observado para o RM, os EUA e para a Argentina, que consomem 93,27%, 76,92% e 100% de sua produção, respectivamente. O Brasil também teve suas exportações bastante prejudicadas neste período em função não somente das barreiras não tarifárias impostas às carnes brasileiras pela UE, mas também da ocorrência em 2016 de um embargo Russo (principal importador do Brasil) ao complexo das carnes. Assim, apesar de grande exportador, neste período o Brasil consumiu 77,55% do que produziu (CEPEA ESALQ/USP, 2015; FAO, 2018).

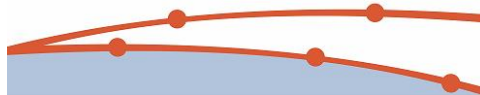
Tabela 1 - Consumo, Produção e Comercialização de carne suína – 2014 a 2016

	Países	Destino das Exportações						Produção
		Argentina	Brasil	EUA	UE	China	RM	
Origem das Exportações	Argentina	464,54						464,54
	Brasil	23,51	2852,25			187,86	614,45	3678,07
	EUA			8289,21		174,68	2312,15	10776,04
	UE			121,79	20352,54	917,23	1953,32	23344,88
	China					53161,08	309,84	53470,92
	RM		262,34	744,92	657,46		23096,23	24760,95
	Consumo		488,05	3114,59	9155,92	21010,00	54440,85	28285,99

Fonte: UN COMTRADE (2018) e FAO (2018).

(1) Dados em unidade de tonelada métrica/CWE.

A dominância da utilização de barreiras não-tarifárias em detrimento de barreiras alfandegárias é justificada pela exigência dos próprios consumidores em relação à qualidade do produto, e compromete a relação comercial entre os países (CEPEA/ESALQ-USP, 2018; COSER et al, 2010). Unido a isso se tem a preocupação com a qualidade da própria produção, algo que também tem interferência direta nas relações comerciais. Em 2016 o Brasil, visando beneficiar ainda mais sua produção nacional, aplicou uma tarifa *ad valorem* de 10% às importações do produto, valor este inferior apenas ao utilizado pela China (20%), conforme tabela 2. A alta tarifa de importação da China entre 2014 e 2016, ampara-se nos grandes investimentos realizados pelo país na produção interna de carne suína em função de sua enorme demanda nacional, uma vez que, como já pontuado anteriormente, esta é a principal proteína animal utilizada na dieta da população chinesa (OECD, 2018).

Tabela 2 - Tarifas de Importação em 2016 (*ad valorem*)

Países	Tarifas de Importação
Argentina	10,00%
Brasil	10,00%
China	20,00%
UE	0,00%
EUA	0,00%

Fonte: WTO (2018).

A Argentina apresenta tarifa de importação igual à 10%. Entretanto, apenas 4,8% de seu consumo advém de importações, sendo estas do Brasil, não tendo, portanto, incidência de tarifas, pois ambos pertencem ao MERCOSUL e conforme acordos, não há aplicação de tarifas para comercialização deste produto entre países do bloco (WTO, 2018; UN COMTRADE, 2018; FAO, 2018). Segundo a OECD (2018), entre 2014 e 2016, apesar da não aplicação de tarifas, a UE registrou recordes em utilização de barreiras não tarifárias (principalmente de cunho sanitário) para as carnes (bovinos, aves e suínos), devido a problemas encontrados na produção de seus principais parceiros (ex.: Brasil). Os EUA também não aplicaram tarifas no período estudado, devido às negociações (acordos) realizadas principalmente com a EU e o RM (principais parceiros) no intuito de facilitar o acesso aos 9,46% do seu mercado que é abastecido pelas importações. Este baixo índice de importação de produtos agrícolas é fundamentado em sua alta preocupação com a procedência. Esta preocupação fez com que o país nos últimos anos priorizasse o consumo de suínos produzidos em seu próprio território e importasse apenas o produto congelado (FAO, 2018; UN COMTRADE, 2018). A preocupação com a procedência dos produtos (a exemplo dos EUA e UE), ainda, acabou por colocar uma questão paralela em pauta, principalmente para os países desenvolvidos, o quesito sustentabilidade.

2.1 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Segundo o Observatório do Clima (2017), as indústrias lançam na atmosfera mais de 35,5 bilhões de toneladas de CO₂ por ano. A emissão destes poluentes acaba por prejudicar o desenvolvimento mundial sob a ótica sustentável e aumenta a busca por alternativas no intuito de confeccionar e pôr em prática medidas que auxiliem na diminuição destas emissões. A primeira medida utilizada a ser destacada é o Protocolo de Quioto (1998), criado a partir da terceira reunião após a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas. O objetivo do mesmo era a redução, por parte dos países industrializados, de cerca de 5% de

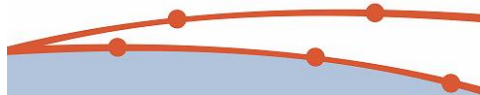


suas emissões de gases estufa a níveis de 1990 até o período entre 2008 e 2012 (BRASIL, 2000). Apesar disso, o Protocolo de Quioto enfrentou problemas devido ao tratamento diferenciado dado aos países desenvolvidos. Por outro lado, trouxe maior visibilidade aos países envolvidos e o meio que os cercam. Isto fez com que as conferências posteriores passassem a ter um papel fundamental de não apenas dar prosseguimento às propostas instauradas no Protocolo de Quioto, como também melhorá-las e atualizá-las às necessidades correntes, foi o caso do Acordo de Paris (FARINA; CONEJERO, 2003).

2.1.1 Acordo de Paris

No ano de 2015 na 21ª Conferência das Partes (COP21) em Paris foi firmado um novo acordo pelos 195 países da UNFCCC (Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima) cuja finalidade principal era não apenas reforçar a posição dos países envolvidos frente às mudanças climáticas, mas também prepará-los para lidar com os impactos de suas atitudes. Segundo o Ministério do Meio Ambiente (BRASIL, 2016d), a concordata foi realizada no intuito de manter o crescimento médio da temperatura do planeta em ritmo menor (menos de 2°C, idealmente chegando a 1,5°C), priorizando assim o desenvolvimento sustentável. Em relação aos países em desenvolvimento, devido à existência de lacunas e necessidades atuais e emergentes, o comitê do Acordo de Paris estabeleceu alguns pontos importantes em relação à coerência e coordenação do desenvolvimento de capacidades. Assim, o comitê decidiu lançar um plano de trabalho que compreende o período de 2016 a 2020 e que buscasse elevar as sinergias através da cooperação, identificando problemas e propondo soluções quanto ao desenvolvimento das capacidades, além de incentivar o desenvolvimento e disseminação de novas tecnologias (NAÇÕES UNIDAS, 2015).

Para melhor organização e controle, contudo, cada país que ratificou o Acordo de Paris precisou confeccionar suas pretendidas “Contribuições Nacionalmente Determinadas” (NDC’s) expondo suas pretensões para redução de emissões de GEE. Assim, de acordo com o Ministério do Meio Ambiente (BRASIL, 2016d), o Brasil comprometeu-se a diminuir as emissões de gases estufa em 37% abaixo dos níveis de 2005, até 2025, e, 43% até 2030; restaurar 12 milhões de hectares de florestas; e elevar a participação de bioenergia sustentável em sua matriz energética em 18% até 2030, bem como de energias renováveis em 45% no mesmo período.



Com isso, até 2025 o país pode emitir no máximo 1.346 MtCO₂e, e até 2030, 1.208 MtCO₂e. Para o setor agropecuário estima-se que, para alcance das metas, as emissões em 2025 e em 2030 devam atingir 470 MtCO₂e e 489 MtCO₂e, respectivamente. Desde 1970, as emissões de GEE da agropecuária vêm crescendo em média 3,5% ao ano. Os menores percentuais foram registrados em 2011 e 2014 (cerca de 1% ao ano), entretanto, a partir de 2014, o percentual de emissão voltou a subir (2% ao ano) (OBSERVATÓRIO DO CLIMA, 2018). Todavia, para auxiliar no alcance das metas propostas pelo novo acordo, o desenvolvimento e aplicação de políticas ambientais é necessário. Atualmente existem inúmeras ferramentas que podem realizar a gestão dos problemas ambientais, porém, na maioria dos países (como o Brasil) só alguns destes instrumentos são de fato utilizados, devido aos elevados custos adicionais gerados (BRASIL, 2016a).

2.1.2 Políticas Ambientais

Os instrumentos de política ambiental podem ser organizados em três grupos: instrumentos de regulação, instrumentos de comunicação e instrumentos econômicos. Os primeiros determinam através de leis quais são as ações possíveis de serem tomadas pelos agentes econômicos. Os instrumentos de comunicação por sua vez, são usados no intuito de auxiliar na promoção da conscientização e fornecimento de informação à população e aos agentes responsáveis pela poluição, sobre temas ambientais, fazendo com que ambos atuem de forma benéfica em relação ao meio ambiente (ex.: educação ambiental e selos verdes). Já os mecanismos de mercado, têm por finalidade diminuir a regulação e fornecer, conseqüentemente, maior flexibilidade aos indivíduos envolvidos nos processos, bem como reduzir os custos de controle relacionados aos problemas ambientais e estimular o investimento e a prática de energias limpas (MUELLER, 2007). Para HAHN (2000), os mecanismos de mercado são preferidos em detrimento dos outros dois instrumentos, uma vez que possibilitam o atingimento de metas ambientais com um custo menor. São exemplos de políticas ambientais a cobrança da tarifa de carbono e a utilização de novas tecnologias limpas na produção, a exemplo dos biodigestores.

2.1.2.1 Tarifa de Carbono

A tarifa de carbono é um instrumento econômico que visa diminuir gradativamente as emissões de gases (BRASIL, 2016a). Com isso, o uso dessa taxa acaba por provocar um desincentivo monetário à emissão de carbono. O valor de imposto cobrado é calculado com base na quantidade de combustíveis extraídos da terra e colocados no fluxo comercial, e os



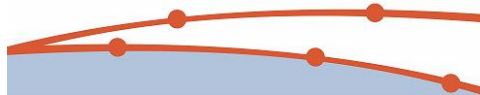
processadores são livres para repassar o custo na medida em que houver adaptação do mercado (CARBON TAX CENTER, 2016a). Alguns países já praticam a cobrança da tarifa de carbono. A nação pioneira foi a Irlanda, entretanto, o país com implementação de maior sucesso foi o Reino Unido.

No Reino Unido, a cobrança funciona desde 2013, desta maneira, o imposto funciona como uma espécie de “preço mínimo” pago pelos emissores de CO₂. Assim, sempre que o preço de carbono em emissões é mais do que o mínimo estipulado, paga-se a somatória do mínimo e do equivalente a esta diferença representada pelo excedente ao governo local. A taxa cobrada em 2016 foi de €18 por tonelada métrica de CO₂, o que no Brasil equivale hoje à aproximadamente R\$ 72,00 por tonelada (CARBON TAX CENTER, 2016b). Outro instrumento econômico que pode auxiliar no atingimento das metas brasileiras é a implantação de biodigestores na produção.

2.1.2.2 Biodigestores

O manejo adotado em mais de 95% dos sistemas brasileiros de confinamento de suínos constitui-se no depósito de dejetos em esterqueiras. Este manejo é extremamente prejudicial ao meio ambiente, pois, durante este armazenamento os dejetos dos animais emitem elevada quantidade de metano (CH₄) e Amônia (NH₃) que, uma vez aplicados ao solo, aumentam também a emissão de dióxido de carbono (CO₂) e de Óxido Nitroso (N₂O) na atmosfera. Assim, uma alternativa para estabilizar e inclusive auxiliar na diminuição de emissões de GEE pela produção de suínos, é a implantação de biodigestores na produção (EMBRAPA; 2015).

Os biodigestores são utilizados na produção do biogás. Este, por sua vez, é uma mistura gasosa, composta por metano (CH₄) e gás carbônico (CO₂), com combustível potencial usado na produção de energia elétrica. Essa energia é obtida através da queima do biogás em turbinas devidamente adaptadas, sendo o mesmo, considerado fonte de energia limpa podendo ser reaproveitado no próprio ciclo de produção (ANDREAZZI et al, 2015). Segundo a EMBRAPA (2015), um biodigestor com tempo de retenção hidráulica de 30 dias (mais utilizado no Brasil) emite 84% menos GEE do que uma esterqueira (depósito de dejetos bruto padrão). E, quando se considera apenas a queima do metano (CH₄) a produção lança na atmosfera 53% menos de GEE. Existem três tipos de biodigestores atualmente em uso, são eles: o Indiano, o Chinês e o Canadense. O modelo Canadense (mais utilizado no Brasil) é caracterizado por ter uma base retangular de tijolos, bem como um gasômetro feito em PVC.



A cobertura é feita a partir de uma geomembrana sintética de polietileno, aportada ao biodigestor (LUCAS JÚNIOR; SOUZA; LOPES, 2003).

Tabela 3 - Capacidade do biodigestor e estimativa da produção de biogás (PB) para suínos

Nº de Animais	Cap. do Biodigestor (m ³)	PB (m ³ /dia)
20	6,44	7,12
40	12,88	14,24
60	19,32	21,36
80	25,76	28,48
120	32,20	35,60

Fonte: Elaborado pelos autores com base em Calza et al (2015).

Segundo Fonseca, Araújo e Hengdes (2009), a estimativa de produção diária de biogás para os suínos corresponde à 0,356 m³/animal. Assim, unindo o volume produzido e o poder calorífico do biogás (5,5 kWh/m³), é possível calcular a quantidade de energia a ser produzida anualmente. Os cálculos abaixo consideram o custo anual dos biodigestores, com taxa de juros a 10% ao ano, vida útil das máquinas de 20 anos e custos de manutenção e operação de 5% ao ano. Desta maneira, verifica-se o custo total da energia produzida para cada tipo de biodigestor em relação aos suínos. As quantidades de dejetos produzidas pelos suínos relacionam-se diretamente com a produção de biogás. Por meio da tabela 3 acima colocada, percebe-se que a produção de biogás aumenta cerca de 2m³ em relação à capacidade do biodigestor quando a quantidade de suínos é pequena, porém, há uma tendência de elevação proporcional vista entre as quantidades de 80 e 120.

A partir da tabela 4 abaixo, corrobora-se que o biodigestor de modelo Canadense é o que apresenta uma capacidade de atendimento a suínos mais elevada proporcionalmente em relação ao custo, além de ser o modelo mais moderno dentre os três. Esses resultados, combinados à facilidade de adaptação tanto em pequenas como em grandes produções, justificam a preferência dos produtores pela utilização deste modelo. Todavia, no Brasil, até o surgimento do modelo Canadense, o mais utilizado foi o biodigestor Indiano, devido à sua maior funcionalidade, ajustando-se facilmente ao tipo de solo e de clima local, bem como pela facilidade de construção em relação ao modelo Chinês, apesar do maior custo em relação a este último (NISHIMURA, 2009).



Tabela 4 - Custo de construção (CC) e de e custo total anualizado (CA) para construção e implantação de biodigestores por modelos para diferentes capacidades

Capacidade biodigestor (m3)	Modelo Indiano		Modelo Chinês		Modelo Canadense	
	CA (R\$)	CC (R\$)	CA (R\$)	CC (R\$)	CA (R\$)	CC (R\$)
20	1.796,60	5.065,70	1.437,30	4.052,50	746,20	2.104,00
40	2.517,80	7.099,30	2.014,00	5.679,40	1.121,80	3.162,00
60	3.348,00	9.440,20	2.678,40	7.552,10	1.485,70	4.188,00
80	4.068,30	11.470,90	3.254,60	9.176,70	1.849,60	5.214,00
100	4.428,40	12.486,30	3.830,80	10.801,40	2.213,40	6.240,00
120	5.028,60	14.178,60	4.407,00	12.426,00	2.577,30	7.266,00

Fonte: Elaborado pelos autores com base em Calza et al (2015).

O Brasil possui uma capacidade renovável já instalada acumulada para geração de bioenergia de 11,5%, o que o deixa atrás apenas dos EUA (12,7%) (IRENA, 2015). Conforme o Ministério de Minas e Energia (BRASIL, 2016c), a produção de bioenergia do país em 2016 passou a ser a segunda fonte de geração de energia mais importante da matriz energética nacional, com 8% de representatividade. E, quando se trata da utilização de biodigestores, o país conta com 140 instalados, segundo o Ministério das Cidades (BRASIL, 2016b). Hoje, 36,42% do total de biodigestores em operação no Brasil são destinados à suinocultura, gerando um total de energia de 459.518,65 m³/dia, destes 71,26% é destinado à energia elétrica (CIBIOGAS, 2018b).

3 METODOLOGIA

Para desenvolvimento da pesquisa, faz-se uso de um modelo de otimização estática de equilíbrio espacial apresentado na forma de um Problema de Complementaridade Mista (PCM), apresentado por Rutherford (1995), Ferris e Munson (2000), e Bishop, Nicholson e Pratt (2001). A ideia central do PCM parte das condições Karush-Kuhn-Tucker (KKT) do problema de maximização da função *Net Social Payoff* (NSP), e pondera as funções oferta e demanda para cada produto e respectiva região, bem como a incidência de medidas comerciais protetivas (ex.: barreiras) e gastos com transporte, resultando assim na estimação dos fluxos comerciais, quantidades produzidas e demandadas e, inclusive de preços de equilíbrio. Além disso, os produtos são considerados como sendo homogêneos e, as preferências, a tecnologia disponível e o crescimento da população, como exógenos.



O modelo baseia-se em um sistema de equações simultâneas derivadas das funções oferta e demanda que são expostas na forma de desigualdades, estas podendo ser lineares ou não-lineares. Segundo Alvim e Waquil (2004), os resultados obtidos tanto no modelo de otimização da função NSP condicionada, quanto no PCM, são iguais, embora o primeiro apresente os preços de maneira implícita. Contudo, é a partir do PCM que é possível simular diretamente alterações que operam sobre os preços de mercado, como, por exemplo, as barreiras tarifárias. Destaca-se ainda que, visando evitar possíveis distorções nos resultados gerados pelo modelo, optou-se pela realização da calibragem do mesmo com base em Paris et al (2011).

Os dois cenários propostos possuem como objetivo averiguar, na relação entre o Brasil e seus parceiros, as possíveis alterações ocorridas nas quantidades produzidas e consumidas, bem como no preço de comercialização do produto estudado. O intuito é verificar qual dos cenários apresenta maior benefício em relação à redução do percentual de emissão de gases de efeito estufa em comparação às metas propostas pelo país a partir do Acordo de Paris. No primeiro cenário, a simulação é feita a partir de imposição da tarifa por quantidade emitida de carbono, o que provoca um desincentivo monetário à emissão. O valor utilizado como referência para a tarifa é de R\$ 72,00 por tonelada métrica de CO₂, a exemplo do Reino Unido em 2016. Através da FAO verificou-se a quantidade de cabeças de suínos brasileiros produzidos (39.225.283 cabeças considerando o peso médio de 100kg para cada animal), bem como a média de quilogramas de CO₂ gerados na produção dos mesmos entre 2014 e 2016 (573.007.666 kg). Com isso, descobriu-se de maneira proporcional que um suíno de 100 kg produziu 14,60 quilogramas de CO₂ neste período (ou seja, 1 tonelada produz 146 kg de CO₂). Assim, se para 1000kg de CO₂ a tarifa é de R\$ 72,00, então para 146kg de CO₂ a tarifa é de R\$/t 10,51. Destaca-se ainda, que há quebra de 50% do peso do animal quando é abatido. Desta forma multiplicou-se por 2 o valor da tarifa para chegar ao equivalente da carne a ser consumida. Logo, a tarifa utilizada foi R\$/t 21,02 (R\$/Kg 0,021).

O segundo cenário será simulado a partir do fornecimento de subsídios a implantação de biodigestores na produção por parte dos produtores brasileiros de carne suína. Isto resultará na geração do biogás, que poderá ser reaproveitado na própria produção como fonte de energia elétrica, ou mesmo como receita adicional derivada de sua venda para a indústria. Para simulação deste cenário será acrescida uma receita adicional para os produtores brasileiros, calculada conforme Noronha et al (2009). Sabe-se que, conforme dados da tabela 3, a estimativa para produção de biogás para 60 suínos é de 21,36 m³/dia e,



consequentemente, 7689,6 m³/ano. Assim, 39.225.283 suínos (dados da FAO para a produção no período estudado) produzem 5.027.112.269 m³/ano. O custo do m³ do gás natural canalizado é R\$/m³ 0,1 (pela precificação do biogás ser bastante volátil, o gás canalizado derivado de produção limpa foi escolhido conforme o Ministério de Minas e Energia (BRASIL, 2018b). Logo, a receita gerada é de R\$/m³ 502.711.227 (dada a produção anual calculada anteriormente). O custo anualizado (com taxa de juros a 10% ao ano, vida útil das máquinas de 20 anos e custos de manutenção e operação de 5% ao ano) para construção de um biodigestor tipo canadense para 60 animais (cada um com 100kg) é de R\$ 746,20, conforme tabela 4. Logo, 39.225.283 cabeças de suínos de 100kg (FAO, 2018) tem um custo anualizado de R\$ 487.831.770. A renda adicional total gerada será então R\$ 14.879.457. Logo, a receita adicional para os suínos é de R\$/t 379,33 e R\$/Kg 0,379.

Enfatiza-se que as simulações de ambos os cenários foram realizadas considerando a unidade monetária Dólar (US\$) como padrão. As regiões escolhidas para a realização da pesquisa foram, além do Brasil, a Argentina, EUA, UE, China e Resto do Mundo, que são considerados os principais produtores e consumidores de carne suína, além de serem os parceiros brasileiros de maior relevância na comercialização do produto. Os valores de consumo e produção foram obtidos para cada região através do Un Comtrade (2018) e os de exportação e importação a partir dos dados disponibilizados pela OECD (2018) (e convertidos na unidade CWE que corresponde à carcaça do animal). Para confecção dos fluxos comerciais, considerou-se uma média entre os anos de 2014, 2015 e 2016, assim como para as tarifas de importação, adquiridas na base de dados da WTO (2018). Os valores referentes ao frete marítimo entre as regiões selecionadas foram obtidos através de cálculo realizado na World Freight Rates (2018), considerando as distâncias em milhas náuticas, os preços adquiridos na FAO por quilograma de carne suína e o transporte em containeres de 40pt. Os dados de elasticidades foram adquiridos na Food and Agricultural Policy Research Institute (FAPRI, 2018). Já os números referentes à produção de biogás para o ano de 2016, têm como base de dados o CIBIOGÁS (2018a; 2018b) (Centro Internacional de Energias Renováveis – Biogás). Todos estes dados observados são expostos no capítulo 2 deste artigo e foram utilizados para a obtenção das estimativas e testes de validação do modelo, no qual as simulações foram realizadas com o uso do *General Algebraic Modelling System*– GAMS.



4 RESULTADOS

A geração dos resultados é dividida em duas etapas. A primeira é responsável pela calibração do modelo, bem como pela geração de custos das transações comerciais entre as regiões selecionadas. A segunda fase tem por objetivo apresentar o cenário-base e os cenários-alternativos.

4.1 CALIBRAÇÃO DO MODELO

Com o intuito de corrigir possíveis distorções entre os dados observados (reais) e os estimados, foi realizada a calibração do modelo. Para tal, foram calculados na primeira fase, com base em informações reais, os custos de transações comerciais (de maneira agregada), juntamente com os preços de equilíbrio do mercado (preço-sombra) (PARIS et al, 2011). Os valores estimados equivalem à realidade e, portanto, confirmam a adequação dos coeficientes e da estrutura do modelo, conforme visto na tabela 6. Assim, constatou-se que, em relação às variáveis produção, consumo, preços e exportação, o modelo estimado representa devidamente o mercado internacional de carne suína no período selecionado, considerando os países parceiros destacados. Os custos de transações comerciais mencionados anteriormente encontram-se ordenados decrescentemente por valor na tabela 5, disposta a seguir. As exportações da Argentina e do Brasil possuem os maiores e os menores custos de transação dentre as regiões estudadas. Para o RM e para a China são observados os maiores custos de transação, sendo respectivamente de US\$ 373 e US\$ 336 por tonelada de carne suína para exportar para o RM, e US\$ 337 e US\$ 307 para enviar o produto para a China. Já os menores custos encontrados foram para a UE. Ressalta-se que os custos de transações são fundamentais para realização do melhor ajuste do cenário-base (estimado) em relação aos valores observados para as variáveis utilizadas na pesquisa, auxiliando favoravelmente no fechamento do modelo. Em seguida são apresentados os cenário-base e alternativos.

Tabela 5 - Custos das transações comerciais no mercado internacional de carne suína para as regiões selecionadas – média 2014 a 2016

Países			Países		
Custo das transações			Custo das transações		
Exportador	Importador	US\$/t.	Exportador	Importador	US\$/t.
Argentina	RM	373	UE	RM	219
Argentina	China	337	EUA	China	215
Brasil	RM	336	UE	China	102
Brasil	China	307	Argentina	UE	60
EUA	RM	296	Brasil	UE	35

Fonte: Elaborado pelos autores, a partir das estimativas geradas pelo modelo.

4.2 CENÁRIO-BASE E CENÁRIOS ALTERNATIVOS

Para a construção dos cenários, fez-se uso das mesmas variáveis já apresentadas. O cenário-base é utilizado como referência para a confecção dos cenários alternativos e é gerado a partir dos resultados da segunda fase do modelo. Esses resultados são convalidados por meio de seu confronto com aqueles obtidos em primeira fase. Utilizou-se o documento de análise confeccionado pelo Observatório do Clima e Imafora (2018) para investigação dos resultados em relação às metas brasileiras do Acordo de Paris. A tabela 6 apresenta as quantidades (oferta e demanda) e preços após a realização da referida calibração, com inclusão dos custos de transações comerciais expostos na tabela 5.

Os percentuais expressos na tabela 6 a seguir, indicam que os preços e os valores de oferta e demanda praticamente não tiveram alterações em relação aos estimados em primeira fase. Por isso, confirma-se que estes valores (cenário-base) podem ser utilizados como parâmetro para construção dos cenários alternativos. Atentando-se aos preços, vê-se que Argentina e Brasil detêm os menores valores, o que se justifica pelo baixo custo de produção encontrado nestes países. Segundo a EMBRAPA (2017), em 2016 o custo brasileiro foi de R\$ 246,70, ficando atrás apenas dos EUA (1,81% mais barato), devido a um aumento no custo da ração no país ocorrido no referido ano (o aumento deveu-se pela ocorrência da crise do milho). Além disso, outros elementos contribuem para a baixa precificação como o clima tropical, o baixo custo da mão de obra, a capacitação para o manejo, sua própria extensão territorial e elevada capacidade produtiva de grãos, como a soja, que serve de alimento para os animais (MOREIRA; FEHR; DUARTE, 2017).



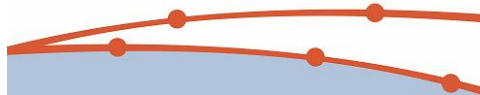
Tabela 6 - Valores estimados (primeira fase) e o cenário-base (CB) para quantidades e preços no mercado internacional de carne suína – média 2014 a 2016

Países	Quantidade de oferta			Quantidade de demanda			Preços		
	1ª fase ton(CWE)	CB ton(CWE)	Dif. (%)	1ª fase ton(CWE)	CB ton(CWE)	Dif. (%)	1ª fase (US\$/t.)	CB (US\$/t.)	Dif. (%)
Argentina	464,54	464,55	0,00	488,05	488,07	0,00	1720	1720	0,00
Brasil	3.678,07	3.678,27	0,01	3.114,59	3.114,67	0,00	1760	1760	0,00
EUA	10.776,07	10.776,06	0,00	9.155,92	9.155,95	0,00	1880	1880	0,00
UE	23.344,88	23.346,64	0,01	21.010,00	21.010,98	0,00	1990	1990	0,00
China	53.470,92	53.470,07	0,00	54.440,85	54.441,02	0,00	2740	2740	0,00
RM	24.762,00	24.761,03	0,00	28.285,99	28.285,94	0,00	2970	2970	0,00

Fonte: Elaborado pelos autores, a partir das estimativas geradas pelo modelo.

Com a crise financeira argentina, a população passou a apreciar e consumir em maior quantidade a carne suína, uma vez que, além das propriedades nutricionais, o preço do produto destacava-se em relação aos demais tipos de carne. Além disso, a Argentina possui condições geográficas e climáticas favoráveis (a exemplo do Brasil) para produção do produto e inclusive é uma região considerada como “livre de febre aftosa” desde 2006. Estas questões, juntamente com a elevação na quantidade de frigoríficos em operação no país, serviram de impulso para que em 2016 o principal parceiro brasileiro do MERCOSUL aumentasse sua produção de suínos e buscasse a retomada de suas exportações. Atualmente o país possui acordos de importação do produto com o Brasil e EUA (DE ZEN et al, 2017). As condições climáticas desfavoráveis chinesas (no calor extremo, dificultando o controle das temperaturas nos galpões pelos agricultores, resultando em um maior número de venda destes animais e consequentemente menor quantidade de abate) e sua alta demanda por carne suína justificam o fato de seu preço ser aproximadamente 56% superior ao brasileiro. Já os mercados dos EUA e UE têm grande proteção (barreiras tarifárias e não tarifárias) e, consequentemente, níveis de importação bastante baixos, 9,46% e 3,12%, respectivamente. Assim, apesar de possuírem baixos custos de produção, a elevada incidência de medidas protetivas faz com que seus preços atinjam patamares medianos (GUIMARÃES, 2017).

O primeiro cenário alternativo, retratado no anexo 1, simula a imposição para os produtores brasileiros de uma tarifa de R\$/Kg 0,021. Com essa imposição, apesar dos importadores (Argentina, China e RM) e exportadores (BRASIL, EUA e UE) líquidos permanecerem os mesmos em relação ao cenário base, os fluxos comerciais entre as regiões alteraram-se. Assim, no que se refere à produção mundial dos países parceiros do Brasil, as



perdas dos consumidores são compensadas pelos ganhos dos produtores, e seus preços de oferta e demanda elevam-se em média 0,1%. Quanto às relações de comércio, a Argentina continua a não realizar exportações, porém importa dos EUA exatamente a quantidade que antes era negociada com o Brasil (porém antes não havia cobrança de tarifas). Os EUA, que exportavam para a China e RM e importavam da UE e RM, agora comercializam apenas para a Argentina e UE. Destaca-se que as negociações antes não existentes entre EUA e UE agora são bastante significativas (quase 100% das exportações dos EUA são destinadas à UE, e o contrário corresponde à 40%). A China também passou a negociar com a UE, o que antes negociava com o RM, e o RM agora consome tudo o que produz.

A produção brasileira diminuiu 1,53% e os preços de oferta reduziram-se em 4,32%, enquanto a demanda e seu respectivo preço quase não sofreram alterações, indicando que o cenário favorece os consumidores e prejudica os produtores. As exportações brasileiras que antes eram destinadas à Argentina (2,85%), China (22,75%) e RM (74,40%), elevaram-se e passaram a destinar-se totalmente à China. Devido à elevação dos preços de oferta dos países parceiros e queda do preço brasileiro, o país destinou sua produção ao consumo chinês, que possui um preço de demanda cerca de 36% superior ao seu e menor exigência sanitária visando maiores ganhos. Já as importações foram realizadas da EU, rendendo ao Brasil um ganho de US\$ 4.561.505,94. Observa-se que, dos 499 MtCO₂e emitidos pela agropecuária em 2016, 2% advém dos suínos. Comparando-se com as metas brasileiras propostas durante a COP21, na qual ocorreu a consolidação do Acordo de Paris, se implementada a cobrança da tarifa, haveria uma redução nas emissões de GEE pelos suínos de aproximadamente 14% até 2025 e 21% até 2030, o que representaria uma diminuição de aproximadamente 2% (até 2025) e 3% (até 2030) das emissões totais da agropecuária à níveis de 2016. Entretanto, mesmo com essa redução, considerando um crescimento anual de 3,5% das emissões do setor, conforme dados do Observatório do Clima (2018), as emissões do setor alcançariam 646,21 MtCO₂e e 738,52 MtCO₂e, respectivamente em 2025 e 2030, sendo 37% maior do que a meta em 2025 (470 MtCO₂e) e 51% maior em 2030 (489 MtCO₂e). Assim, os resultados apontados pelo cenário apresentaram pouca variação nas quantidades produzidas, não demonstrando indícios relevantes em relação a uma possível diminuição da emissão de CO₂ por parte da produção de suínos no Brasil. Indica-se, portanto, que apenas a imposição da tarifa de carbono no país, não é suficientemente eficaz no combate à emissão de GEE.

No segundo cenário ocorre a concessão de um subsídio, derivado da renda adicional obtida por utilização de biodigestor na produção de suínos brasileira. Esta renda tem o valor de R\$/Kg 0,379. Os resultados dessa simulação são vistos no anexo 2, no qual os países parceiros do Brasil possuem perdas na oferta que são parcialmente compensadas pela demanda. Entretanto, destaca-se que há diminuição tanto nos preços de oferta (com exceção do Brasil) quanto nos preços de demanda. Em relação aos fluxos comerciais, é importante apontar que apesar das alterações existentes em comparação ao cenário base e ao primeiro cenário, os importadores e exportadores líquidos permanecem os mesmos. Ainda sobre os novos fluxos comerciais, destaca-se a expansão das exportações da UE para os EUA, além da grande participação da China em importações e exportações. Argentina, EUA, UE e Brasil, negociam com a China visando atingir maiores ganhos ao final das transações, uma vez que, mesmo diminuindo, o preço Chinês ainda é maior que o preço de ambos os parceiros do MERCOSUL. Esta estratégia mostra-se interessante, principalmente pelo lado brasileiro, pois há grande aumento de seu preço de oferta (aproximadamente 60%). O mesmo, porém, não é acompanhado pelo preço da demanda. Assim, garantir ganhos na exportação pode compensar as perdas internamente.

Destaca-se que os consumidores brasileiros não sofrem prejuízo neste cenário, uma vez que há pequeno aumento na demanda e a redução ocorrida no preço de demanda acompanha a diminuição mundial média de 1,4%. Entretanto, seu preço de oferta aumenta consideravelmente, em função não só da elevação da quantidade produzida em 18%, mas também dos custos com a implantação dos biodigestores, ficando 70% mais alto do que o obtido no primeiro cenário. Contudo, apesar do primeiro cenário ser mais favorável aos países parceiros do Brasil, para este a implementação de biodigestores, quando o objetivo é a redução de emissões de GEE, mostra-se melhor em detrimento da aplicação da tarifa. Com a utilização dos biodigestores haveria uma redução nas emissões de GEE até 2025 de 6% e até 2030 de 9%, em relação ao nível de 2016 e o valor estimado de emissão para 2025 seria de 626,25 MtCO₂e e para 2030 de 698,60 MtCO₂e, o que ainda indicaria uma superação das metas propostas para a agropecuária em 2025 e 2030 de 32,5% (470 MtCO₂e) e 42% (489 MtCO₂e), respectivamente. Apesar desta superação, em comparação às variações estimadas no primeiro cenário, os valores reduzem-se 4,5% (2025) e 6% (2030) a mais, o que torna este preferível em detrimento do anterior. Além disso, a geração do biogás contribuiria para o aumento do percentual da participação de bioenergia na matriz energética do país, que em 2016 foi de 8% (33,84 MtCO₂e). A meta de elevação de 18% da mesma até 2030, atingindo



assim 617 MtCO₂e não será alcançada, porém haverá um aumento de 10% (44 MtCO₂e) em relação à quantidade gerada em 2016.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diversas pesquisas foram desenvolvidas utilizando o método PCM no intuito de avaliar cenários potenciais do mercado agrícola brasileiro como Alvim (2003), Alvim e Waquil (2004), Oliveira e Silveira (2014), Alvim e Caetani (2015) e Bosio (2018), entretanto nenhum teve viés voltado à sustentabilidade ou referiu-se ao Acordo de Paris, como esta pesquisa. Através do PCM foi possível a construção de dois cenários alternativos, onde se buscou avaliar as distorções no mercado de carne suína provocadas pela implantação de medidas voltadas à redução de emissão de GEE. Assim, foram estimados os cenários de cobrança da tarifa de carbono (1º) e de concessão de subsídios à utilização de biodigestores na produção (2º).

Dada a análise, observa-se em relação ao primeiro cenário alternativo, que os preços de oferta e demanda dos países parceiros do Brasil se elevam em média 0,1%, e que as perdas de seus consumidores são compensadas pelos ganhos na produção. Assim, este cenário é favorável aos países parceiros e consumidores brasileiros e prejudicial aos produtores, uma vez que houve retração de 1,53% e 4,32% na produção e no preço de oferta do país, respectivamente, enquanto a demanda e seu preço quase não sofreram alterações. As exportações brasileiras elevaram-se e passaram a destinar-se totalmente à China, que possui um preço cerca de 36% superior ao seu e menor exigência sanitária. Já as importações foram realizadas da UE, o que rendeu ao país um ganho de US\$ 4.561.505,94.

No que se refere ao Acordo de Paris e às metas brasileiras propostas durante a COP21 visando o comprometimento de redução de emissões de GEE, com a realização da cobrança da tarifa, haveria uma redução de aproximadamente 14% até 2025 e 21% até 2030 na emissão dos suínos, culminando conseqüentemente numa diminuição de 2% (até 2025) e 3% (até 2030) das emissões totais da agropecuária à níveis de 2016. Porém, essa redução não é suficiente para o atingimento das metas do setor agropecuário de 470 MtCO₂e (2025) e 489 MtCO₂e (2030). Com os resultados obtidos neste cenário, as metas do setor ainda serão superadas em 37% em 2025 e 51% em 2030, alcançando as respectivas quantidades emitidas de 646,21 MtCO₂e (2025) e 738,52 MtCO₂e (2030). Indica-se, portanto, que apenas a imposição da tarifa de carbono para a produção de suínos não é suficientemente eficaz para o objetivo proposto, isto considerando um crescimento anual de 3,5% das emissões do setor, conforme dados do Observatório do Clima (2018).



Quanto ao segundo cenário, frisa-se que as perdas na quantidade de oferta existentes para os países parceiros do Brasil são parcialmente compensadas pelos ganhos na demanda. No tocante ao Brasil, vê-se que seu preço de oferta aumenta consideravelmente em função não só da elevação da quantidade produzida em 18%, mas também dos custos com a implantação dos biodigestores, ficando assim, cerca de 70% superior ao obtido no primeiro cenário. Portanto, a redução de emissões brasileira será maior com a implementação de biodigestores, mesmo que, neste cenário, o aumento da produção seja superior ao dobro do aumento no cenário 1, pois há uma destinação sustentável a estes resíduos, resultando em maior redução de emissões. Deste modo, os resultados deste cenário contribuem para uma redução nas emissões da agropecuária até 2025 de 6% e até 2030 de 9%, em relação à quantidade de 2016. Em 2025 as emissões atingirão 626,25 MtCO₂e e 698,60 MtCO₂e em 2030, o que ainda indicaria uma superação das metas propostas para a agropecuária em 2025 e 2030 de 32,5% (470 MtCO₂e) e 42% (489 MtCO₂e), respectivamente. Assim, para o atingimento da meta de emissões totais máximas pelos setores brasileiros em 2025 de 1.343 MtCO₂e (37% inferior ao valor de 2005) e em 2030 de 1.208 MtCO₂e (43% inferior ao valor de 2005), será necessário que os demais setores compensem a excessiva emissão da agropecuária. Entretanto, a redução proporcionada pela utilização dos biodigestores será de 4,5% e 6% superiores, em relação ao valor estimado do primeiro cenário para 2025 e, também para 2030, tornando-o preferível, em detrimento do primeiro.

Além disso, os biodigestores contribuem para o aumento do percentual de participação de bioenergia na matriz energética do país através da geração do biogás. Esta elevação, contudo, não será suficiente para o alcance da meta (aumento em 18% até 2030). Hoje a bioenergia representa 8% (33,84 MtCO₂e) do gerado pelo setor energético. Com o incremento advindo deste cenário de 44 MtCO₂e até 2030, a mesma aumentará em 10%, à níveis de 2016. Todavia, apesar da contribuição fornecida pelo estudo no âmbito do desenvolvimento sustentável, o mesmo apresentou uma limitação pontual que impossibilitou a introdução de valores referentes aos subsídios nos cenários estudados, pois não foram encontradas bases de dados que dispusessem dessas informações para os mercados dos EUA e UE.

REFERÊNCIAS

- ALICEWEB. In: _____. **AliceWeb Database**. Brasil, 2018. Disponível em: <<http://aliceweb.mdic.gov.br/>>. Acesso em: 10 jan. 2018.
- ALVIM, A. M. **Os impactos dos novos acordos de livre comércio sobre o mercado de arroz no Brasil**: um modelo de alocação espacial e temporal. 2003. Tese (Doutorado em



Economia) – Programa de Pós-Graduação em Economia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

-----; CAETANI, M. I. **Mercado internacional da soja**: Modelando os efeitos dos custos das transações e das barreiras comerciais. Porto Alegre, 2015.

-----; WAQUIL, P. D. O Problema de Complementaridade Mista: um modelo de alocação espacial aplicado ao setor agrícola. In: Santos, M. L. e Vieira, W. C. **Métodos Quantitativos em Economia**. Viçosa: UFV, 2004. p.161-190.

ANDREAZZI, M. A. et al.; Destinação de resíduos da suinocultura em granjas das regiões noroeste e sudoeste do Paraná. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, Santa Maria, v. 19, n. 3, p. 744-751, set./dez. 2015. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/reget/article/viewFile/17911/pdf>>. Acesso em: 12. Nov. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL – ABPA. **Produção Brasileira de Carne Suína (Mil Ton)**. In: _____. Suinocultura: Estatísticas do mercado Interno. Brasil, 2017. Disponível em: <<http://abpa-br.com.br/setores/suinocultura/mercado-interno/porco/producao-brasileira-de-carne-suina-ton>>. Acesso em: 12 abr. 2018.

BISHOP, P. M.; NICHOLSON, C.F.; PRATT, J. E. **Tariff-Rate Quotas**: difficult to model or plain simple. Wellington: NZIER, 2001. (Paper for discussion, 7). Disponível em: <https://nzier.org.nz/static/media/filer_public/a3/7c/a37c5901-01c0-4990-9fe0-ffda8e54b02a/wp2001-07_tariff_rate_quotas.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2018.

BOSIO, E. L. **Os efeitos do acordo de associação transpacífico (TPP) e do acordo de parceria transatlântico de comércio e investimento (TTIP) sobre o mercado internacional de fertilizantes**. 2018. Dissertação (Mestrado em Economia do Desenvolvimento) – Programa de Pós-Graduação em Economia, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. **Plano ABC - Agricultura de Baixa Emissão de Carbono**. Brasil, 2016a. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/plano-abc/plano-abc-agricultura-de-baixa-emissao-de-carbono>>. Acesso em: 17 abr. 2018.

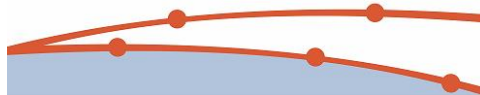
----- **Saldo comercial do agronegócio alcança US\$ 7,79 bilhões em março**. Brasil, 2018a. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/noticias/saldo-comercial-do-agronegocio-alcanca-us-7-79-bilhoes-em-marco>>. Acesso em: 12 abr. 2018.

----- Ministério das Cidades. **Iniciativas do Projeto Brasil – Alemanha de fomento ao aproveitamento energético do biogás no Brasil**. Brasil, 2016b. Disponível em: <<http://www.abconsindcon.com.br/ena/edicoes-antiores/6-ENA/1/3/Iniciativas%20do%20Projeto%20Brasil%20-%20Alemanha%20de%20fomento%20ao%20aproveitamento%20energ%C3%A9tico%20do%20biog%C3%A1s%20no%20Brasil.pdf>>. Acesso em: 17 abr. 2018.

----- Ministério das Relações Exteriores – MRE. **Protocolo de Quioto**. Brasil, 2000. Disponível em: <http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmclima/pdfs/Protocolo_Quito.pdf>. Acesso em: 26. set. 2017.

----- Ministério de Minas e Energia – MME. **Em 2016, biomassa é a segunda maior fonte de energia**. Brasil, 2016c. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/infraestrutura/2017/03/em-2016-biomassa-e-a-segunda-maior-fonte-de-energia>>. Acesso em: 18 mai. 2018.

----- Ministério de Minas e Energia – MME. **Boletim mensal de acompanhamento da indústria de gás natural**. Brasil, 2018b. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/documents/1138769/0/Boletim_Gas_Natural_nr_126_AGO_17.pdf/570f9d68-8388-4008-a706-1b929685d171>. Acesso em: 28 fev. 2019.



----- Ministério do Meio Ambiente – MMA. **Acordo de Paris**. Brasil, 2016d. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/acordo-de-paris>> Acesso em: 18 mai. 2018.

CALZA, L. F. et al; Avaliação dos custos de implantação de biodigestores e da energia produzida pelo biogás. **Journal of the Brazilian Association of Agricultural Engineering**, Jaboticabal, v. 35, n. 6, nov./dez. 2015. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162015000600990&lng=pt&tlng=pt>. Acesso em: 12. nov. 2017.

CARBON TAX CENTER. **What's a carbon tax?**. In: _____. New York, 2016a. Disponível em: <<https://www.carbontax.org/whats-a-carbon-tax/>>. Acesso em: 03. mar 2018.

----- **WHERE Carbon Is Taxed: United Kingdom**. In: _____. New York, 2016b. Disponível em: <[https://www.carbontax.org/where-carbon-is-taxed/#United Kingdom](https://www.carbontax.org/where-carbon-is-taxed/#United%20Kingdom)>. Acesso em: 05. mar 2018.

CEPEA ESALQ/USP. **Milho/CEPEA: Incertezas quanto à produtividade e alta do dólar elevam preço interno**. In: _____. São Paulo, SP, 2018. Disponível em: <<https://www.cepea.esalq.usp.br/br/diarias-de-mercado/milho-cepea-incertezas-quanto-a-produtividade-e-alta-do-dolar-elevam-preco-interno.aspx>>. Acesso em: 19 jun. 2018.

----- **Suínos: Embargo Russo afeta mercado interno**. In: _____. São Paulo, SP, 2015. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/diarias-de-mercado/suinos-embargo-russo-afeta-mercado-interno.aspx>. Acesso em: 19 jun. 2018.

CENTRO INTERNACIONAL DE ENERGIAS RENOVÁVEIS – CIBIOGÁS. In: _____. **BiogasMap**. Brasil, 2018a. Disponível em: <<https://cibiogas.org/biogasmap>>. Acesso em: 18 mai. 2018.

----- **MapBiogás: Um retrato do biogás no Brasil**. In: _____. Brasil, 2018b. Disponível em: <<http://mapbiogas.cibiogas.org/>>. Acesso em: 18 mai. 2018.

COSER, J. F.; et al. Estrutura de mercado internacional de carne suína e a participação brasileira. **Informações Econômicas**, São Paulo, v.40, n.12, p. 14-25, dez. 2010. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/ftp/iea/publicacoes/ie/2010/tec2-1210.pdf>>. Acesso em: 17 Mar. 2018.

----- et al. **SUÍNOS/CEPEA: Exportação recorde não garante bom desempenho do setor em 2016**. Piracicaba, 2017. Disponível em: <www.cepea.esalq.usp.br/suinos/>. Acesso em: 21 mar. 2018.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Embrapa Suínos e Aves: Estatísticas e desempenho da Produção**. In: _____. Brasil, 2017. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/suinos-e-aves/cias/estatisticas>>. Acesso em: 21 mar. 2018.

----- **Emissões de GEE**. In: _____. Brasil, 2015. Disponível em: <<https://www.embrapa.br>>. Acesso em: 13 nov. 2017.

FARINA, E. & CONEJERO, M. **Mercado de carbono e as “regras do jogo”**. São Paulo: FEA/USP, 2003.

FERRIS, M.C.; MUNSON, T.S. **GAMS/PATH user guide**, version 4.3. Washington D.C: GAMS Development Corporation, 2000.

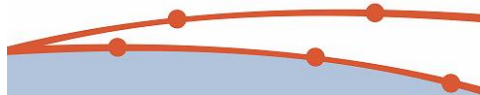
FOOD AND AGRICULTURAL POLICY RESEARCH INSTITUTE – FAPRI. **Elasticity Database**. In: _____. USA, 2018. Disponível em: <<http://www.fapri.org/tools/elasticity.aspx>>. Acesso em: 02 dez. 2018.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION – FAO. Value of Agricultural Production and Trade Indices. In: _____. **FAO Database**. USA, 2018. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data>>. Acesso em: 20 set. 2018.

FONSECA, F. S. T.; ARAÚJO, A. R. A.; HENDGES, T. L. **Análise de Viabilidade Econômica de Biodigestores na Atividade Suinícola na Cidade de Balsas - MA: um estudo de caso**.



2009. Trabalho apresentado no Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, Porto Alegre, 2009. Disponível em: <<http://www.sober.org.br/palestra/13/687.pdf>>. Acesso em: 12 dez. 2018.
- GUIMARÃES, D. et al. Suinocultura: Estrutura da cadeia produtiva, panorama do setor no Brasil e no mundo e o apoio do BNDES. **Agroindústria: BNDES Setorial**, Brasil, 45. Ed., p. 85-136, 2017. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/11794/1/BS%2045%20Suinocultura%20-%20estrutura%20da%20cadeia%20produtiva%2C%20panorama%20do%20setor%20no%20Brasil%5B...%5D_P.pdf> Acesso em: 29 jan. 2018.
- HAHN, R. W. The impact of economics on environmental policy. **Journal of Environmental Economics and Management**, San Francisco, v. 39, n. 3, p. 375-399, may 2000.
- INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY - IRENA. **Renewable Power Generation Costs in 2014: An Overview**. In: _____. Arab Emirates, 2015. Disponível em: <<https://www.irena.org/publications/2015/Jan/Renewable-Power-Generation-Costs-in-2014>>. Acesso em: 26 nov. 2018.
- INSTITUTO DO MANEJO E CERTIFICAÇÃO FLORESTAL E AGRÍCOLA - IMAFLORA. **Análise das Emissões de GEE no Brasil (1990-2012): Setor Agropecuário**. In: _____. São Paulo, 2014. Disponível em: <https://www.imaflora.org/downloads/biblioteca/53fb8083b4e88_SEEG_Agropecuaria.pdf>. Acesso em: 19 mar. 2018.
- LUCAS JÚNIOR, J. de; SOUZA, C. de F.; LOPES, J. D. S. **Construção e Operação de Biodigestores**. Viçosa: CPT, 2003. 176 p.
- MOREIRA, B. A.; FEHR, L. C. F. A.; DUARTE, S.L. Análise das variáveis de custos de produção de suínos nas Regiões Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CUSTOS, XXIV, 2017, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: XXIV CBC, 2017, p. 3-16. Disponível em: <<https://anaiscbc.emnuvens.com.br/anais/article/viewFile/3925/3926>>. Acesso em: 30 nov. 2018.
- MUELLER, C. C. **Os economistas e as relações entre o sistema econômico e o meio ambiente**. 1 ed. Brasília, DF: UNB/FINATEC, 2007.
- NAÇÕES UNIDAS. **Adoção do Acordo de Paris**. In: _____. França, 2015. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/wp-content/uploads/2016/04/Acordo-de-Paris.pdf>>. Acesso em: 10. nov. 2017.
- NISHIMURA, R. **Análise de balanço energético de sistema de produção de biogás em granja de suínos: implementação de aplicativo computacional**. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) –Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2009.
- NORONHA, A. et al. **Mensuração dos custos de implantação de biodigestores na suinocultura**. 2009. Trabalho apresentado no XXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção - A Engenharia de Produção e o Desenvolvimento Sustentável: Integrando Tecnologia e Gestão, Salvador, 2009.
- OLIVEIRA, A. L. R.; SILVEIRA, J. M. F. J. **Implicações dos sistemas de segregação do milho na logística de transportes brasileira: Aplicação de um problema de complementaridade mista**. Campinas, 2014. Disponível em: <<http://pdf.blucher.com.br/s3-sa-east-1.amazonaws.com/marineengineeringproceedings/spolm2014/126715.pdf>>. Acesso em: 29 jan. 2019.
- OBSERVATÓRIO DO CLIMA. **Análise de emissões de GEE no Brasil (1970-2014)**. In: _____. Brasil, 2017. Disponível em: <<http://seeg.eco.br/2014/12/06/seeg-2014-engl/>>. Acesso em: 21 mar. 2018.



-----; **Emissões de GEE no Brasil e suas implicações para políticas públicas e a contribuição brasileira para o Acordo de Paris.** In: _____. Brasil, 2018. Disponível em: <<http://seeg.eco.br/wp-content/uploads/2018/08/Relatorios-SEEG-2018-Sintese-FINAL-v1.pdf>>. Acesso em: 29 jan. 2018.

-----; INSTITUTO DO MANEJO E CERTIFICAÇÃO FLORESTAL E AGRÍCOLA – IMAFLORA. **Emissões de GEE no Brasil: 2018 - Documento de Análise.** Brasil, 2018. Disponível em: <<http://seeg.eco.br/wp-content/uploads/2018/08/Relatorios-SEEG-2018-Sintese-FINAL-v1.pdf>>. Acesso em: 28 jan. 2019.

ORGANIZAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO - OECD. Agricultural Policy Indicators. In: _____. **OECD Statistics.** Paris, 2018. Disponível em: <stats.oecd.org/>. Acesso em: 06 jun. 2018.

PARIS, Q. et al. Calibrating spatial models of trade. **Journal of Economic Modeling,** Bruxelas, v. 28, n. 6, p. 2509 – 2516, nov. 2011.

RUTHERFORD, T. F. Extension of GAMS for Complementarity Problems Arising in Applied Economic Analysis. **Journal of Economic Dynamics and Control,** Bruxelas, v.19, n. 8, p. 1299-1324, nov. 1995.

UN COMTRADE. Departamento of Economic and Social. In: _____. **Get Data: Trade Statistics.** EUA, 2018. Disponível em: <<https://comtrade.un.org/data/>>. Acesso em: 18 jun. 2018.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE - USDA. In: _____. **USDA data.** EUA, 2018. Disponível em: <<https://www.usda.gov/topics/data>>. Acesso em: 20 mar. 2018.

WORLD FREIGHT RATES. **Calculadora de fretes.** In: _____. Miami, 2018. Disponível em: <worldfreightrates.com/pt/freight>. Acesso em: 04 set. 2018.

WORLD TRADE ORGANIZATION - WTO. Statistical Indicators. In: _____. **WTO Data portal.** EUA, 2018. Disponível em: <<http://stat.wto.org/Home/WSDBHome.aspx>>. Acesso em: 06 jun. 2018.

Anexo 1 - Cenário-base (CB) e o cenário alternativo com imposição da tarifa de carbono (CTC) no mercado internacional de carne suína

País	Quantidade de oferta			Quantidade de demanda			Preço de oferta			Preço de demanda		
	CB	CTC	Dif.	CB	CTC	Dif.	CB	CTC	Dif.	CB	CTC	Dif.
	ton(CWE)	ton(CWE)	(%)	ton(CWE)	ton(CWE)	(%)	(US\$/t.)	(US\$/t.)	(%)	(US\$/t.)	(US\$/t.)	(%)
ARG	464,55	464,73	0,04	488,07	487,92	-0,03	1720	1722	0,12	1720	1722	0,12
BRA	3.678,27	3.621,94	-1,53	3.114,67	3.113,90	-0,02	1760	1684	-4,32	1760	1762	0,11
EUA	10.776,06	10.776,17	0,00	9.155,95	9.153,05	-0,03	1880	1882	0,11	1880	1882	0,11
EU	23.346,64	23.354,40	0,03	21.010,98	21.007,06	-0,02	1990	1992	0,10	1990	1992	0,10
CHI	53.470,07	53.494,23	0,05	54.441,02	54.436,11	-0,01	2740	2742	0,07	2740	2742	0,07
RM	24.761,03	24.768,34	0,03	28.285,94	28.281,77	-0,01	2970	2972	0,07	2970	2972	0,07

Fonte: Elaborado pelos autores, a partir das estimativas geradas pelo modelo (Média entre 2014 e 2016).

Anexo 2 - Cenário-base (CB) e o cenário alternativo com receita adicional devido à implantação de biodigestores na produção (CRB) no mercado internacional de carne suína

País	Quantidade de oferta			Quantidade de demanda			Preço de oferta			Preço de demanda		
	CB ton(CWE)	CRB ton(CWE)	Dif. (%)	CB ton(CWE)	CRB ton(CWE)	Dif. (%)	CB (US\$/t.)	CRB (US\$/t.)	Dif. (%)	CB (US\$/t.)	CRB (US\$/t.)	Dif. (%)
ARG	464,55	462,49	-0,44	488,07	488,69	0,13	1720	1695	-1,45	1720	1691	-1,69
BRA	3.678,27	4.362,14	18,6	3.114,67	3.124,81	0,33	1760	2865	62,8	1760	1731	-1,65
EUA	10.776,06	10.774,59	-0,01	9.155,95	9.201,20	0,49	1880	1855	-1,33	1880	1854	-1,38
UE	23.346,64	23.226,19	-0,52	21.010,98	21.052,13	0,20	1990	1965	-1,26	1990	1964	-1,31
CHI	53.470,07	53.217,92	-0,47	54.441,02	54.500,97	0,11	2740	2714	-0,95	2740	2710	-1,09
RM	24.761,03	24.676,44	-0,34	28.285,94	28.350,98	0,23	2970	2945	-0,84	2970	2936	-1,14

Fonte: Elaborado pelos autores, a partir das estimativas geradas pelo modelo (Média entre 2014 e 2016).