

ÁREA TEMÁTICA: RECICLAGEM

APROVEITAMENTO DA VINHAÇA PARA PRODUÇÃO DE BIOGÁS

Ingrid Lélis Ricarte Cavalcanti¹ (ingrid_lelis@hotmail.com), Arturo Dias da CRUZ¹ (arturo.dias@live.com), Laura¹ (arturo.dias@live.com), Riuzuani Michelle Bezerra Pedrosa Lopes¹ (riuzuani@cear.ufpb.br)

¹ Universidade Federal da Paraíba

RESUMO: O Brasil encontra-se em expansão no que diz respeito ao aproveitamento dos recursos renováveis, tal situação foi fortalecida desde o Proálcool, em 1975, com o incentivo à produção e uso de biocombustíveis e dentre estes está o etanol. No processo de produção de etanol, para cada tonelada de cana utilizada para produção de etanol, tem-se em média 120 kg de torta de filtro (resíduo resultante do processo ocorrente filtro a vácuo ou filtro prensa do lodo proveniente do decantador de caldo), 800 a 1000 L de vinhaça numa proporção de para cada litro de etanol (resíduo resultante da destilação do vinho) e 260 kg de bagaço de cana (resultante da limpeza e extração do caldo da cana-de-açúcar). A vinhaça pode ser configurada como um dos principais passivos ambientais da indústria sucroalcooleira, fazendo-se fundamental estudar outras possibilidades de destinação ambientalmente adequada para o resíduo, além da fertirrigação. Dentre estas formas de aproveitamento está a produção de partir do biogás, para obtenção de fins energéticos. Sendo assim, este trabalho foi construído a partir de pesquisas bibliográficas nas bases de dados da "Plataforma Capes", "ScienceDirect" e "SciELO", com o objetivo deste trabalho foi mostrar a ocorrência da produção de biogás a partir do aproveitamento do resíduo da vinhaça, abordando os aspectos energéticos, ambientais e legislativos desse tratamento.

Palavras-chave: Aproveitamento Energético; Impacto Ambiental; Usina Sucroalcooleira.

ADVANCE OF VINHAÇA FOR BIOGÁS PRODUCTION

ABSTRACT: Brazil is expanding with respect to the use of renewable resources. This situation has been strengthened since Proálcool in 1975, with the encouragement of the production and use of biofuels, among which is ethanol. In the ethanol production process, for each ton of sugarcane used to produce ethanol, 120 kg of filter cake (residue resulting from the vacuum filter process or filter press from the sludge decanter) is produced, 800 to 1000 L of vinasse in a proportion of each liter of ethanol (residue resulting from the distillation of wine) and 260 kg of sugarcane bagasse (resulting from the cleaning and extraction of the sugarcane juice). Vinasse can be configured as one of the main environmental liabilities of the sugar and alcohol industry, making it fundamental to study other possibilities of environmentally adequate disposal for the residue, besides the fertirrigation. Among these forms of exploitation is the production of biogas from the source to obtain energy ends. Thus, this work was based on bibliographic research in the databases of "Capes Platform", "ScienceDirect" and "SciELO", with the objective of this work was to show the occurrence of biogas production from the use of the residue of the vinhaça, addressing the energy, environmental and legislative aspects of this treatment.

Keywords: Energy Utilization; Environmental impact; Sucroalcooleira plant.

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, a expansão energética com o uso de fontes renováveis chegou até a Matriz Elétrica Brasileira, na qual em 2017 teve 68,10% de sua geração advindo de energia hidráulica

(fonte renovável), e dentre as demais fontes a biomassa se destacou em sua participação – com 8,20% - sendo uma fonte renovável e terceira maior fornecedora de energia elétrica, ficando atrás do gás natural, com 9,20% (fonte não-renovável) e da energia hidráulica (EPE, 2018).

O Brasil encontra-se em expansão no que diz respeito ao aproveitamento dos recursos renováveis, tal situação foi fortalecida desde o Proálcool, em 1975, com o incentivo à produção e uso de biocombustíveis e dentre estes está o etanol, na qual o seu desenvolvimento deixa o Brasil como segundo maior produtor do mundo, em primeiro estão os Estados Unidos, com sua extração proveniente do milho. No Brasil a cultura mais explorada para produção de etanol é a cana-de-açúcar, matéria-prima que fortalece o agronegócio, bem como a indústria sucroalcooleira (TOLMASQUIM, 2016).

Apesar de o etanol ser considerado um combustível limpo, seu processo produtivo acaba gerando descargas ambientais negativas, principalmente as provenientes dos resíduos, que podem ser altamente impactantes ao meio ambiente. De acordo com Ferreira (2009) para cada tonelada de cana utilizada para produção de etanol, tem-se em média 120 kg de torta de filtro (resíduo resultante do processo ocorrente filtro a vácuo ou filtro prensa do lodo proveniente do decantador de caldo), 800 a 1000L de vinhaça numa proporção de para cada litro de etanol (resíduo resultante da destilação do vinho) e 260 kg de bagaço de cana (resultante da limpeza e extração do caldo da cana-de-açúcar).

No caso da vinhaça, que é configurada como principal passivo ambiental da indústria sucroalcooleira, devido ao seu teor ácido, a alta temperatura que sai das torres de destilação e seus compostos orgânicos como a elevada demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e a demanda biológica de oxigênio (DBO). Tal resíduo necessita de monitoramento, principalmente ao ser lançado como fertilizantes em solos próximos a cursos hídricos, comprometendo a qualidade, bem como a potabilidade daquela água (OLIVEIRA e BARROS, 2017).

Sendo assim, estudar outras possibilidades de destinação ambientalmente adequada para a vinhaça, que não seja a fertirrigação de lavouras, pode favorecer sua melhor gestão, de forma a não comprometer o meio ambiente. A energia produzida a partir do biogás começou a ser introduzida na realidade brasileira, ainda que seus números absolutos sejam pequenos, a capacidade instalada tem crescido substancialmente. Em 2016, o país alcançou quase 120 MW de capacidade instalada de geração elétrica a partir de biogás, o que é um volume seis vezes superior ao registrado em 2007, sendo que 95% desse valor se referem a plantas que utilizam resíduos sólidos urbanos (RSU). Isso demonstra que o biogás de resíduos urbanos é uma realidade e deve continuar crescendo (BNDES, 2018).

De acordo com Cabello *et al.* (2009) o uso da energia fornecida pelo biogás se sobressai ao dos combustíveis fósseis. Em comparação com a queima destas duas fontes, no caso dos combustíveis fósseis ocorre um aumento de percentual das emissões de CO₂ atmosfera, já para o biogás esse percentual não ocorre devido a produção de CO₂ igualitária em relação ao consumo do mesmo no fenômeno da fotossíntese realizada pela cana-de-açúcar. Em relação ao uso da vinhaça para produção de biogás, Pinto (1999) traz sua viabilidade para geração de energia elétrica, além de tratar um resíduo e transformá-la em fertilizante tratado.

Assim a participação das principais fontes de produção de biogás no país são os aterros sanitários (51%), a indústria de alimentos e bebidas (25%), a suinocultura (14%) e o lodo de esgoto (6%) (EPE, 2018).

2. OBJETIVO

Objetivo deste trabalho foi mostrar a ocorrência da produção de biogás a partir do aproveitamento do resíduo da vinhaça, abordando os aspectos energéticos, ambientais e legislativos desse tratamento.

3. METODOLOGIA

Neste trabalho foram realizadas consultas bibliográficas nas bases de dados da “*Plataforma Capes*”, “*ScienceDirect*” e “*SciELO*”, nos quais foram levantados aspectos do uso da vinhaça para produção de biogás. Para construção dos resultados considerou-se firmar a pesquisa bibliográfica sob três grandes aspectos:

1. Trazer as questões ambientais sobre o tratamento da vinhaça a partir da Biodigestão Anaeróbia;
2. Abordar acerca do aproveitamento energético do uso da vinhaça como matéria-prima para geração de energia;
3. Elencar normas e parâmetros utilizados no que diz respeito a esse tipo de processo aplicado a vinhaça;

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados deste trabalho foram abordados sob luz de três aspectos: Ambientais, Energéticos e, por fim, Normativos.

- **Aspectos Ambientais do aproveitamento da vinhaça para produção de biogás**

O processo de biodigestão da vinhaça para produção de biogás se enquadra no tratamento dos resíduos sólidos estabelecida pela Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS), auxiliando na mitigação de um potencial poluidor se manejada inadequadamente. As quantidades de resíduo (vinhaça) produzida a partir da destilação do etanol são elevadas, fazendo com que está sejam consideradas um dos resíduos de maior carga poluidora da usina sucroalcooleira por suas características químicas.

De acordo com Rodrigues *et al.* (2012) e Baldacin e Pinto (2015) a composição química da vinhaça está disposta em sólidos orgânicos, minerais, resíduos de açúcares, álcool e alguns voláteis. Além disso, é rica em potássio, cálcio, amônia, fósforo, alumínio, cloreto, ferro, magnésio, manganês, enxofre e elevada carga orgânica, baixo pH – elevada acidez – e alta temperatura (80°C), ao sair dos destiladores. E em relação a carga orgânica, se comparada ao do esgoto doméstico em termos de DQO, a da vinhaça pode atingir até cem vezes mais.

Devido a concentração de matéria orgânica da vinhaça ela passa a ser vista por carregar um potencial poluidor, atrelando o manejo cauteloso ao utilizada na fertirrigação do solo, para que não cause impactos ambientais nele, bem como no lençol freático e mananciais, e com a ocorrência do contato com mananciais, por exemplo, ocorre um processo de oxidação, comprometendo a potabilidade do mesmo (BALDACIN e PINTO, 2015).

De acordo com Rodrigues *et al.* (2012) menciona o aproveitamento da vinhaça na geração de biogás a partir da digestão anaeróbia. O tratamento da vinhaça caracteriza-se como uma forma de beneficiamento energético. Bernal *et al.* (2017) trouxe que a recuperação energética de resíduos auxilia na expansão das energias renováveis no Brasil, principalmente em relação ao beneficiamento da vinhaça, por esta ter uma alta carga orgânica. Os autores realizaram uma análise energética das emissões de CO₂ que são evitadas a partir da digestão anaeróbia da vinhaça que resulta do uso de cana-de-açúcar plantada no Brasil, foram levantados que o potencial para evitar emissões chega a 1,9 MtCO₂/ano, o que representa aproximadamente 2,1% das emissões para toda a indústria no Brasil em 2014. Tal resultado faz-se significativo no que diz respeito ao incentivo da expansão da matriz energética brasileira, principalmente visando a redução dos impactos ambientais referentes às emissões de GEE.

Ainda em relação as emissões, Moraes *et al.* (2017) abordou em seu trabalho sobre a crescente mitigação de Gases de Efeito Estufa ao utilizar a digestão anaeróbia como tratamento do resíduo da vinhaça. Em seus resultados houve reduções de pelo menos 48% dos GEE, considerando a comparação entre a vinhaça não tratada e a vinhaça ao entrar um processo digestão anaeróbia em usinas de biogás.

A exigência acerca do consumo de biocombustíveis vem aumentando, e reaproveitar o bagaço da cana-de-açúcar torna-se viável justamente para aumentá-la a produção de etanol de segunda geração. Além disso, Joppert *et al.* (2017) mostra em seu trabalho a viabilidade da utilização do biogás produzido a partir da biodigestão da vinhaça como combustível em vez de usar biomassa, permitindo transferir uma fração do bagaço de cana para a produção de etanol 2G e, ao mesmo tempo, manter constante a produção de energia e vapor. Para isso os autores trabalharam com dez situações distintas para gerar energia, e foi possível concluir que foi possível reduzir cerca de 90% o descarte de carga orgânica.

O processo de biodigestão da vinhaça não elimina a possibilidade do seu uso para fertirrigação, porém reduz suas características impactantes, diminuindo sua DQO e aumentando pH. Se forem gerados treze litros de biogás para cada um fornecido de vinhaça, sua composição se dará em média 62,50% de Metano (CH₄) e em média 37,50% de Dióxido de Carbono (CO₂) (LAMO, 1991; PINTO, 1999). Em um processamento ideal, as condições de fertilização fornecidas pelo resíduo serão inalteradas, possibilitando um melhor aproveitamento do recurso fornecido pela cana-de-açúcar, bem como um menor impacto ambiental.

- **Aspectos Energéticos do aproveitamento da vinhaça para produção de biogás**

De acordo com Lamonica (2006) a vinhaça resultante da produção de um metro cúbico de bioetanol, corresponde a 12 m³ de biomassa, o que pela biodigestão anaeróbia produziria, em média, 115 m³ de biogás, com poder de geração de bioeletricidade equivalente a 169 kWh, já descontados os consumos envolvidos no processo.

De acordo com Haandel (2005), o processo de digestão anaeróbia pode ser aplicado a vinhaça para produzir biogás suficiente para 0,5 MWh/m³ de álcool. Além disso, o uso racional dos subprodutos da produção de álcool (bagaço e vinhaça) tem potencial para reduzir as emissões de CO₂ para a atmosfera de 0,8-1,2 t/m³ de álcool em relação à geração utilizando gás natural. Assim, o uso racional dos subprodutos não só irá aumentar a produção de energia útil e a rentabilidade das destilarias, mas, ao mesmo tempo, diminuir o impacto ambiental na agricultura e atividades industriais relacionadas com a produção de álcool.

No que se refere a expectativa das quantidades de biogás e biometano produzidos a partir da vinhaça, cálculos estimados considerando um valor médio de 250 bilhões de metros cúbicos de vinhaça, um fator de conversão de vinhaça para metano de 14,23 m³ CH₄/m³ vinhaça no solo devido à introdução da biodigestão da vinhaça e em comparação ao processo convencional (SALOMON, 2005).

As recuperações de energias a partir de resíduos podem auxiliar a expansão das energias renováveis no Brasil e vários estudos vem sendo elaborados com a vinhaça através da digestão anaeróbia para a produção de biogás, de forma que esta tem um bom potencial econômico, que tenha uma redução dos gases de efeito estufa de forma que possa diversificar tecnologias para a bioenergia recuperada, diante deste cenário vários estudos vêm sendo promovido.

Os sistemas de digestão anaeróbia aplicados à vinhaça de cana-de-açúcar tendem a ser negativamente afetados ao longo da safra de cana-de-açúcar, com base no acúmulo de sulfato em vinhaça devido ao uso contínuo de ácido sulfúrico em biorrefinarias, assim se torna imprescindível definir estratégias operacionais para minimizar perdas na recuperação de bioenergia da biodigestão da cana-de-açúcar vinhaça (KIYUNA *et al.*, 2017)

Segundo Fuess *et al.* (2018) que avaliaram a Economia da digestão anaeróbia para processamentos de vinhaça de cana: Aplicando análise de sensibilidade para aumentar a rentabilidade do processo em aplicações diversificadas de biogás, que diante dos resultados encontrado, puderam concluir que a produção de biogás a partir da vinhaça pode indubitavelmente contribuir para a eficiência energética e ambiental brasileira sendo economicamente viável em diversos cenários tecnológicos. E os autores também destacaram que as biodigestão de duas fases podem melhorar a energia produzida da biodigestão da vinhaça em 20 e 30% sem prejudicar a

rentabilidade da biorrefinarias e poderia levar a melhorias no desempenho ambiental da cadeia produtiva do etanol através da utilização de uma estratégia de alcalinização otimizada.

Para Fuess (2017) os custos da viabilidade econômica de ampliação de plantas bifásicas de duas fases em biorrefinarias à base de cana-de-açúcar para o tratamento de vinhaça gera um maior capital custos de operação, o biogás estimado e custos de produção de eletricidade são equivalentes ou menores em comparação com os de plantas de digestão anaeróbia de fase única. Assim a dosagem de NaHCO_3 aplicada aos sistemas digestão anaeróbia resulta em grande parte em desempenhos econômicos desfavoráveis. relação à estratégia alcalinizante, os melhores resultados foram associados ao hidróxido de sódio dosagem e / ou recirculação de efluentes, com custos de eletricidade de 1,8 a 2,3 vezes menor que a eletricidade da rede. Em contraste, o uso competitivo de bicarbonato de sódio na Digestão anaeróbia plantas para o tratamento da vinhaça requerem maior otimização de dosagem.

Parsae *et al.* (2019) viu que a digestão anaeróbica é uma das formas mais eficazes e promissoras de reduzir os efeitos ambientais negativos da vinhaça. No entanto, como substrato único, a vinhaça não pode ser eficientemente convertida em biogás porque não possui macronutrientes e micronutrientes suficientes e tem baixa razão carbono-nitrogênio sendo assim necessário o uso de substâncias complementares, por exemplo, esterco animal, resíduos industriais orgânicos que devem ser adicionadas para melhorar o rendimento do biogás. Atualmente, são produzidos 22,4 g/l de vinhaça em todo o mundo, que têm potencial para produzir 407,68 g/L de biogás, portanto se potencial pode ser considerado uma fonte significativa de energia renovável.

- **Aspectos Normativos do aproveitamento da vinhaça**

No que se diz respeito a aspectos normativos, o aproveitamento da vinhaça para produção de biogás ainda não possui respaldo, porém, os autores Baldacin e Pinto (2015) mencionam em seu trabalho que o processo de biodigestão anaeróbica não exclui o uso a vinhaça para Fertirrigação. A CETESB propôs a Norma Técnica P4.231/2005 que implicam no manejo legal do resíduo no uso no solo, propondo até procedimentos para armazenamento, transporte e aplicação no solo. Para tal utilização não se faz necessária a exigência de licenciamento, porém nas portarias de nº 323 e nº 158, de 1978 e 1980, respectivamente, proíbem o seu lançamento direto ou indireto em corpos hídricos.

Os critérios e procedimentos nesta norma inicia restringindo a área de aplicação da vinhaça, não podendo estar inserida em Áreas de Preservação Permanente - APP ou de reserva legal, zona de amortecimento definidos para as unidades de conservação de proteção integral e em áreas de proteção de poços. Nessa restrição, ainda cabe mencionar que foram estabelecidas distâncias mínimas para área com algum tipo de atividade melhor especificada pela norma. As análises serão semestrais, e o resultado destas devem ser comparadas com valores estabelecidos na Decisão de Diretoria da CETESB nº 014/01/E, de 26/07/2001, considerando os padrões de potabilidade exigidos na Portaria do Ministério da Saúde nº 518/04, de 25/03/2004. Todos os processos associados a Fertirrigação devem ser regidos por um Plano de Aplicação de Vinhaça, assinado por um engenheiro, respaldado pelo CREA e com retirada da ART - Anotação de responsabilidade técnica – específica.

A caracterização da vinhaça deverá ser realizada abordando estudos sobre o pH; resíduo não filtrável total; dureza; condutividade elétrica; nitrogênio nitrato; nitrogênio nitrito; nitrogênio amoniacal; nitrogênio total; sódio; cálcio; potássio; magnésio; sulfato; fosfato total; DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) e DQO (Demanda Química de Oxigênio). Além desses, outros parâmetros serão solicitados para caracterizar a qualidade do solo que receberá aplicação de vinhaça, como: Al - alumínio total; Ca - cálcio; Mg - magnésio; SO_4 - sulfato; Hidrogênio dissociável; K - potássio; Matéria orgânica, CTC - capacidade de troca iônica; pH - potencial hidrogeniônico; V% - saturação de bases.

5. CONCLUSÃO

Diante do exposto concluiu-se que além do fertirrigação, há viabilidade de utilização da vinhaça para produção de Biogás, tornando assim o ciclo da produção de cana de açúcar mais ecoeficiente, também possibilitando o material digerido pela digestão anaeróbia ser um ótimo fertilizante, desta forma um método que além de trazer benefícios no aspecto ambiental no que diz respeito a tratamento do resíduo da vinhaça também contribuindo para a eficiência energética e ambiental brasileira sendo economicamente viável em diversos cenários tecnológicos.

Entende-se, que ao decorrer do processo tecnológico a respeito do biogás da vinhaça, ganhe mais proporções a necessidade de uma criação de norma específica, se torna indispensável.

REFERÊNCIAS

BALDACIN, A. C. S; PINTO, G. M. F. APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DO BIOGÁS: Aproveitamento energético do biogás. Revista Eletrônica FACP. Ano III, nº 07, 2015.

JOPPERT, C. L.; SANTOS, M. M. DOS; COSTA, H. K. M.; SANTOS, E. M. DOS; MOREIRA, J. R. S. Energetic shift of sugarcane bagasse using biogas produced from sugarcane vinasse in Brazilian ethanol plants. Biomass and Bioenergy. 107, p. 63 – 73, 2017.

BNDES - Banco nacional de desenvolvimento (BNDES). Biogás: a próxima fronteira da energia renovável. 2018 disponível em <
<https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/conhecimento/noticias/noticia/biogas>>. Acessado em :26/02/2019.

CABELLO, P.E.; TERÁN, F.P.; SCOGNAMIGLIO, F.J.C. Tratamento de vinhaça em reator anaeróbio de leito fluidizado. Engenharia Ambiental, v. 6, n. 1, p. 321-338, 2009.

CETESB. P4.231/2005: Vinhaça – critérios e procedimentos para aplicação no solo agrícola. São Paulo, 2005.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética (Brasil). Balanço Energético Nacional 2018 – Relatório Síntese: Ano base 2017. Empresa de Pesquisa Energética. Rio de Janeiro: EPE, 2018.

FERREIRA, L.F.R. Biodegradação de vinhaça proveniente do processo industrial de cana-de-açúcar por fungos. 135 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

FUESS, L. T.; KLEIN, B. C.; CHAGAS, M. F.; REZENDE, M. C. A. F.; GARCIA, M. L.; BONOMI, A.; ZAIAT, M. Diversifying the technological strategies for recovering bioenergy from the two-phase anaerobic digestion of sugarcane vinasse: An integrated techno-economic and environmental approach. Renewable Energy. 122, p. 674 – 687, 2018.

HAANDEL, A. C. Van. Integrated energy production and reduction of the environmental impact at alcohol distillery plants. Water Science & Technology, vol 52 nº 1-2 pp 49–57, 2005.

KIYUNA, L. S. M.; FUESS, L. T.; ZAIAT, M. Unraveling the influence of the COD/sulfate ratio on organic matter removal and methane production from the biodigestion of sugarcane vinasse.. Bioresource Technology. 232, p. 103–112. 2017.

LAMO, P. Sistema Produtor de Gás Metano Através de Tratamento de Efluentes Industriais - METHAX/BIOPAQ - CODISTIL - Piracicaba, 1991.

LAMONICA, H. M. Potencial de geração de excedentes de energia elétrica a partir da biodigestão da vinhaça. VI Congresso Internacional sobre Geração Distribuída e Energia no Meio Rural, Nipe, Unicamp. Campinas, SP, 2006.

MORAES, B. S.; PETERSEN, S. O.; ZAIAT, M.; SOMMER, S. G.; TRIOLO, J. M. Reduction in greenhouse gas emissions from vinasse through anaerobic digestion. Applied Energy. 189, p 21–30, 2017.

OLIVEIRA, E. F. B.; BARROS, S. S. U. Resíduos e aspectos sustentáveis da cana-de-açúcar. Revista Eletrônica da Faculdade de Ciências Exatas e Agrárias Produção/construção e tecnologia, v. 7, n. 10, 2017.

PARSAEE, M.; KIANI, M. K. D.; KARIMI, K. A review of biogas production from sugarcane vinasse. Biomass and Bioenergy, 122, p 117–125, 2019.

PINTO, C. P. Tecnologia da Digestão Anaeróbica da Vinhaça e Desenvolvimento Sustentável. 1999. 146 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1999.

RODRIGUES, A.; et al. Estimativa do potencial de geração de energia elétrica a partir da vinhaça. Acta Iguazu Nova, Cascavel, v. 1, n. 2, p. 80-93, 2012.

SALOMON, K.R. & LORA, E. E. S. Estimativa do potencial de geração de energia elétrica para diferentes fontes de biogás o Brasil. Biomassa & Energia, v. 2, n. 1, p. 57-67, 2005.

TOLMASQUIM, M. T. Energia Renovável: Hidráulica, Biomassa, Eólica, Solar, Oceânica / Mauricio Tiomno Tolmasquim (coord.). – EPE: Rio de Janeiro, 2016, 452p.