

Viabilidade econômica da geração distribuída e compartilhada de energia elétrica: um estudo de caso com biomassa florestal

Autores:

Amarildo Hersen

Doutor em Engenharia Florestal pela UFPR, professor da Universidade Estadual do Centro-Oeste, UNICENTRO, Guarapuava-PR

Romano Timofeiczuk Junior

Pós-Doutor pelo Laboratoire d'économie Forestière, Institut Nationale de Recherche Agronomique - INRA, Nancy, France. Professor da Universidade Federal do Paraná, UFPR

João Carlos Garzel Leodoro da Silva

Pós-Doutor pela Michigan State University (MSU), USA. Professor da Universidade Federal do Paraná, UFPR

Dimas Agostinho da Silva

Doutor em Engenharia Florestal pela UFPR, Professor da Universidade Federal do Paraná, UFPR

DOI: 10.58203/Licuri.20110

Como citar este capítulo:

HERSEN, Amarildo et al. Viabilidade econômica da geração distribuída e compartilhada de energia elétrica: um estudo de caso com biomassa florestal. In: ANDRADE, Jaily Kerller Batista (Org.). **Estudos em Ciências Florestais e Agrárias**. Campina Grande: Licuri, 2023, p. 155-179.

ISBN: 978-65-85562-01-0

Resumo

Esta pesquisa teve como objetivo analisar a viabilidade econômica na geração distribuída e compartilhada de energia elétrica para um agrupamento de indústrias de produtos de madeira do município de Guarapuava-PR, utilizando como fonte a biomassa florestal. Os dados utilizados tiveram origem em pesquisa de campo, coletados com aplicação de questionário junto a indústrias do setor no período de 10 a 31 de maio de 2019. Em termos de método de pesquisa, se fez uso de técnicas de análise de investimentos com uso do Valor Presente Líquido, Taxa Interna de Retorno, Razão Benefício Custo e Pay-back descontado, com Taxa Mínima de Atratividade de 9%. Os resultados apresentaram VPL positivo, taxa de retorno superior à taxa mínima de atratividade, tempo de retorno do capital (descontado) dentro da vida útil dos projetos e Razão Benefício Custo superior a 1. Conclui-se que os resultados sugerem viabilidade econômica na geração distribuída e compartilhada (consórcio) de energia elétrica, com potência bruta instalada de 2,25MW e uso de biomassa florestal (cavaco) como combustível.

Palavras-chave: Engenharia econômica. Economia florestal. Economia regional.

INTRODUÇÃO

Na literatura não há consenso sobre a definição de Geração Distribuída (GD). Bajay (2018) atribui a falta de consenso às variações na legislação de um país para outro, forma de conexão à rede elétrica, capacidade instalada, tecnologia e recursos primários utilizados. Para a Empresa de Pesquisa Energética (2018a), o conceito de GD está contemplado dentro do entendimento de Recursos Energéticos Distribuídos, definidos como tecnologias de geração e/ou armazenamento de energia elétrica, localizados dentro dos limites da área de uma determinada concessionária de distribuição, normalmente junto a unidade consumidora. Já para Ackermann et al. (2001), a GD pode ser definida como geração de energia elétrica conectada diretamente à rede de distribuição ou no lado do consumidor.

A GD refere-se a uma variedade de tecnologias que geram eletricidade no local ou próximo do local de consumo. A geração distribuída pode atender a uma estrutura simples, como uma empresa, ou pode fazer parte de um microgrid, ligado ao sistema de distribuição, como em uma grande instalação industrial, constituída de estrutura mais complexa. Conectada à linha de distribuição, pode contribuir no fornecimento de energia limpa a outros consumidores e redução de perdas de eletricidade ao longo das linhas de transmissão e distribuição (UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2019).

Altoé et al. (2017) e Bajay et al. (2018) destacam a Resolução Normativa nº 482/ANEEL (ANEEL, 2012) como marco regulatório da Geração Distribuída (GD) de pequeno porte no Brasil por estabelecer as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica e instituir o sistema de compensação de energia elétrica no país. Os autores ainda destacam algumas mudanças no marco regulatório, essas promovidas pelas Resoluções nº 687/15 e nº786/17 da ANEEL, conforme a Agência Nacional de Energia Elétrica (2015; 2017).

Dentro da micro e minigeração distribuída no Brasil, a compensação dos créditos gerados pode ocorrer em diferentes modalidades, todas detalhadas na RN nº 687/2015 da ANEEL. A modalidade foco da presente pesquisa é a chamada geração compartilhada. Nessa modalidade a Agência Nacional de Energia Elétrica (2015) destaca que os consumidores (pessoa jurídica) podem se organizar sob a forma de consórcio para compartilhar a energia de um gerador e, assim, participar do sistema de compensação de

energia elétrica. O sistema de geração pode ser instalado em local diferente do consumo, desde que na área de abrangência da mesma distribuidora e em uma unidade consumidora integrante do consórcio.

De acordo com ANEEL (2012), uma das fontes incentivadas na GD, com possibilidade de compensação do consumo de energia elétrica, é a biomassa. Fonseca (2009) e o World Energy Council (2018) esclarecem que a biomassa se refere a todos os materiais de origem biológica que não estão embutidos em formações geológicas (fossilizadas). A biomassa pode ser usada em sua forma original como combustível, ou ser refinada para diferentes tipos de biocombustíveis sólidos, gasosos ou líquidos. Os combustíveis de biomassa podem ser produzidos a partir de coprodutos agrícolas, florestais e urbanos, bem como de culturas energéticas.

A definição de biomassa claramente exclui os tradicionais combustíveis fósseis, como o petróleo e carvão mineral que, mesmo tendo sido derivados de matéria orgânica vegetal e animal, necessitaram de milhões de anos para sua conversão na forma que são encontrados. Em relação à sua origem, a biomassa para fins energéticos pode ser classificada em três diferentes categorias: biomassa energética florestal; biomassa energética agropecuária; rejeitos urbanos (HERSEN, 2020).

Na esfera global, de acordo com a World Bioenergy Association (2018), a indústria florestal gera mais de 87% de toda a matéria prima de biomassa para bioenergia na forma de lenha, carvão vegetal, coprodutos da indústria florestal e madeireira, madeira recuperada e licor negro. De acordo com o estudo, o setor agropecuário contribui com 10% de subprodutos animais e agrícolas, sendo que as culturas energéticas produtoras de bioetanol e biodiesel estão incluídas no setor agrícola. Por fim, os resíduos sólidos urbanos e o gás de aterro abrangem os 3% restantes das fontes de matéria prima de biomassa.

Os coprodutos da indústria à base de madeira podem ser classificados basicamente em dois grupos: pequenas e média/grandes dimensões. Enquadram-se no grupo de resíduos de pequena dimensão o pó, a serragem, cavaco e lascas. Já no grupo de média e grande dimensão está a casca, costaneira, rolo-resto, etc. Na maior parte das operações de uma indústria, aproximadamente 2/3 dos resíduos são de maiores dimensões. O volume de resíduos gerados na fase industrial resulta da diferença entre o volume de madeira em toras que entra na fábrica e o volume de madeira processada ou desdobrada (SILVA; OSHIRO, 2017).

No estado do Paraná, de acordo com Associação Paranaense de Empresas de Base Florestal (2018), a área com floresta plantada no ano de 2015 atingiu 1.066.479 ha. Somente a Macro Região Centro-Sul, conforme subdivisão adotada pela Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento (SEAB) para o Paraná, que inclusive um dos núcleos regionais é Guarapuava, detém 83,46% de toda a área de floresta plantada, acima mencionada. Os números contribuem para o entendimento do potencial de biomassa para fins industriais e energéticos na região.

Segundo Preilipper et al. (2016), entre os insumos usados nas termelétricas, a biomassa florestal tem ganhado destaque, por apresentar condições de exploração a partir da utilização de coprodutos oriundos da colheita e da transformação da madeira. O objetivo da pesquisa foi identificar se há viabilidade econômica na geração distribuída e compartilhada de energia elétrica para um agrupamento de indústrias de produtos de madeira do município de Guarapuava-PR, utilizando como fonte a biomassa florestal.

METODOLOGIA

Material e Método

A norma regulatória da ANEEL (RN nº 482/2012) orienta que é possível a compensação da energia elétrica gerada apenas na área de abrangência da distribuidora onde ocorre a geração. Dessa forma, a abrangência espacial da pesquisa corresponde a uma parte do município de Guarapuava-PR, por este ser atendido por duas distribuidoras de energia elétrica - Energisa e Copel. Considerando que a área de concentração de maior número de indústrias no município está na área de concessão da Energisa (Distrito Sede e Distrito Guará), definiu-se essa como a área de abrangência espacial do estudo.

As indústrias que participaram da pesquisa enquadram-se na Classificação Nacional de Atividade Econômica, CNAE, Subclasses 2.3, referente à Indústria de Fabricação de Produtos de Madeira, uma divisão da indústria da transformação. A identificação das empresas foi realizada a partir do Sindicato das Indústrias de Madeira, Serrarias, Beneficiamentos, Carpintaria e Marcenaria, Tanoarias, Compensados e Laminados, Aglomerados e Embalagens de Guarapuava - SINDUSMADEIRA (2019). O Sindicato representa empresas de sete municípios da Região, totalizando sessenta e oito empresas. No município de Guarapuava está o maior número de empresas, sendo no período da

pesquisa 47. A pesquisa considerou todas as indústrias em atividade, registradas no Sindicato, enquadradas na classificação supracitada e localizadas na área de concessão da Distribuidora Energisa em Guarapuava, totalizando 32 estabelecimentos.

Os dados para a pesquisa foram coletados por meio de entrevista, com aplicação de questionário junto ao sócio-proprietário da empresa ou gerente administrativo. O critério utilizado para levantar as informações é definido por Vieira (2009) como levantamento de dados feito por entrevista face a face. O questionário foi estruturado não disfarçado, aplicado entre 10 e 31 de maio de 2019.

A pesquisa configura-se como sendo de natureza aplicada, com objetivo exploratório e estudo de caso. Com relação à forma de abordagem, a pesquisa foi quantitativa, integrando: análise fatorial; análise de conglomerados; análise de investimentos. Por ser uma sequência da pesquisa intitulada “PARCERIAS EMPRESARIAIS PARA CRIAÇÃO DE CONSÓRCIO DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA: UM ESTUDO DE CASO” e faz uso do mesmo banco de dados, as duas primeiras abordagens são expostas e detalhadas no referido texto. Já a análise de investimentos está detalhada nas seções que seguem.

Procedimentos preliminares do estudo

De posse da definição dos agrupamentos de indústrias, porém antes da análise de investimentos propriamente dita, se fez necessário definir o caminho percorrido para formatação dos projetos de geração.

Para definir a potência de geração de energia elétrica do projeto, realizou-se levantamento do histórico de consumo de energia elétrica, no ato da entrevista à cada gestor das empresas participantes da pesquisa. De posse desse levantamento calculou-se a média - média aritmética simples conforme Sartoris (2003) - do consumo de energia elétrica das empresas nos últimos dozes meses.

Partindo da média de consumo mensal de energia elétrica, foi possível identificar a potência da termelétrica que atende à necessidade das empresas participantes do consórcio, tornando possível definir os detalhes técnicos dos projetos, junto à empresa de engenharia e soluções integradas para plantas industriais e geração de energia.

De posse da medida de energia (kWh) se identificou a medida de potência (kW), que conforme Lemes (2019) é dada por:

$$P = \frac{E}{\Delta T} \quad (1)$$

Em que: P = Potência Elétrica (kW); E = Energia (kWh); ΔT = Intervalo de tempo (horas).

Um agravante para encontrar empresas de engenharia dispostas a participar na elaboração de proposta comercial residiu no fato do projeto em estudo ser considerado de pequena dimensão, sob a ótica da potência de geração. Desta forma, apenas uma empresa manifestou interesse na elaboração de proposta comercial contributiva para a pesquisa.

No presente estudo, levou-se em consideração o sistema de geração pura de eletricidade em ciclo a vapor (Rankine) e não o sistema de geração combinada de calor e eletricidade (cogeração). Maiores detalhamentos sobre os dois sistemas podem ser encontrados em Barja (2006). A escolha por sistema de geração pura está associada ao perfil das indústrias envolvidas na pesquisa, que têm disponibilidade de combustível (geração pura) e não de vapor (cogeração).

Formação do fluxo de caixa para análise de investimentos

O projeto de investimento tratado na pesquisa foi de ciclo de vida determinado (25 anos), compatível com o utilizado na pesquisa de Ribeiro (2018) e com os contratos de empreendimentos de geração de fonte termelétrica à biomassa resultantes dos leilões de geração, promovidos pela agência reguladora, conforme AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (2020).

No que se refere à composição das saídas de recursos no fluxo de caixa, considerou-se o entendimento de Tolmasquim (2016). Para o autor, os desembolsos envolvidos na geração de energia elétrica podem ser classificados em dois grupos: investimento e custos de geração (operação, manutenção e relacionados a consumo de combustível).

Com relação ao capital de giro, o mesmo não foi considerado na análise. Segundo Timofeiczky Junior (2004), o capital de giro mostra-se necessário em projetos de investimentos em que as despesas antecedem às receitas. No caso dessa pesquisa, tão logo o projeto se inicia, as empresas participantes sofrem desoneração na compra da energia elétrica junto à distribuidora local, pois passam a gerar sua própria energia. A desoneração é imediata e, assim, as despesas não se antecedem à receita.

Em se tratando de Investimento e reinvestimento, os bens móveis, imóveis e equipamentos necessários à execução dos projetos foram orçados junto a fornecedores especializados, contendo o frete e montagem, quando necessário. A relação dos mesmos consta no Quadro 1.

Quadro 1. Detalhamento dos investimentos necessários para o projeto

Tipo	Quantidade	Item	Vida útil	Depreciação anual
Imóvel	1	Barracão pré-fabricado	25 anos	4%
Móvel	1	Mesa de escritório	10 anos	10%
	1	Cadeira de escritório	10 anos	10%
	1	Microcomputador (gabinete, monitor)	5 anos	20%
Equipamento	1	minicarregadeira, moega de recebimento com fundo móvel; transportador de calha; painel eletrônico para acionamento e comando; componentes de sistema de geração de energia elétrica por ciclo térmico rankine	10 anos	10%

Fonte: Os autores, 2019, com base em Receita Federal (2017).

O cálculo de depreciação utilizado foi o linear, aplicado por regime de caixa, não de competência, que conforme Timofeiczuk Junior (2004) é dado por:

$$D_e = (VA - VR) / Vu \quad (2)$$

Em que: D_e = Depreciação (R\$/ano); VA = Valor de Aquisição (R\$); VR = Valor Residual (R\$); Vu = Vida útil (anos).

Os reinvestimentos são as aquisições necessárias para a substituição dos investimentos já deteriorados ou ultrapassados, ao longo do horizonte de planejamento, ou seja, ao longo dos 25 anos. Os reinvestimentos são efetuados no espaço de tempo predeterminado pela vida útil dos diferentes tipos de bens já enumerados.

A fonte de recurso considerada no presente estudo foi exclusivamente própria, não levando-se em consideração a utilização de capital de terceiros. Para fins de localização,

optou-se por considerar a não necessidade de aquisição de imóvel para implantação do projeto, uma vez que a RN 687/2015 da ANEEL determina que o sistema de geração deve estar em uma unidade consumidora integrante do consórcio.

Para a planta de geração há a necessidade de um barracão pré-fabricado. No projeto se previu uma área construída de 855,20 m², sendo a área total do projeto de 2 mil m². Considerando que sobre a área total e área construída deve incidir o Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU), estimou-se também seu valor, a preço constante de maio de 2019, para fins de fluxo de caixa.

A especificação do número de funcionários e respectivos cargos, para composição do custo operacional do projeto foi levantado junto à empresa de engenharia e soluções integradas para plantas industriais e geração de energia. Para determinação dos salários dos funcionários, partiu-se do Termo Aditivo a Convenção Coletiva de Trabalho 2019/2020 divulgada pelo Sindicato dos Trabalhadores nas Indústrias da Construção e do Mobiliário de Guarapuava (2019).

No referido termo, não há especificação referente à remuneração diferenciada para operador de caldeira frente à remuneração de um auxiliar. Considerando ser prática comum, entre as empresas participantes da pesquisa, o operador realizar curso de capacitação e ser remunerado de forma diferenciada na função, fez-se uso dos parâmetros usuais médios adotados pelas empresas locais que é a remuneração adicional de 20% para o operador de caldeira.

Não foi objetivo da pesquisa calcular o chamado “custo do trabalho” para cada posto de trabalho que compôs o quadro de funcionários do projeto em estudo, de maneira a estabelecer um valor. Um cálculo já existente e consolidado na literatura é o de Pastore (1996), que considerou a Constituição Federal e a Consolidação das Leis do trabalho, CLT, e concluiu que um trabalhador da indústria custa 102,06%, além do registrado em carteira. Apesar do cálculo de Pastore ser realizado na década de 1990, ainda é atual, pois de acordo com Krein et al. (2019), no Brasil, nos anos 1990 e 2000, apesar de se verificar algumas mudanças na legislação, essas não foram estruturais no marco regulatório. Para o autor apenas com a aprovação da Lei nº 13.467/2017 que o país se inseriu no rol dos países que implementaram reformas trabalhistas nas últimas décadas. De acordo com Carvalho (2017), a referida Lei de 2017 trata essencialmente de flexibilizações negociadas diretamente entre patrão e empregado. Dado o contexto, o custo do trabalho seguiu a consideração de Pastore.

A partir do Termo Aditivo a Convenção Coletiva de Trabalho 2019/2020 divulgada pelo Sindicato dos Trabalhadores nas Indústrias da Construção e do Mobiliário de Guarapuava (2019) se identificou o piso remuneratório previsto para trabalhadores do segmento. A partir desse valor se estimou o custo operacional para o projeto.

O passo seguinte consistiu em identificar o custo de manutenção do projeto. Esse seguiu o padrão estabelecido pela empresa de engenharia e soluções integradas para plantas industriais e geração de energia (A1 Engenharia, 2019), sendo de 1% ao ano sobre o valor do investimento ou reinvestimento.

Também se considerou o custo de oportunidade do projeto. Segundo Denardin (2004), esse surge quando o tomador de decisão opta por uma determinada alternativa de ação em detrimento de outra viável e mutuamente exclusiva. Para o autor, o custo de oportunidade representa o benefício que foi desprezado ao escolher uma determinada alternativa. A empresa consorciada que receber a planta de geração em seu imóvel perderá uma área útil de 2.000 m², referente à área mínima necessária para a execução do projeto. Assim, a empresa perde a oportunidade de usufruir dessa área. Considerou-se como custo dessa oportunidade renunciada o valor do aluguel do terreno. O preço do aluguel do terreno em distrito industrial foi definido mediante consulta a três imobiliárias locais, sendo o valor médio de R\$1,25/m² ao mês.

De forma semelhante, a biomassa também foi considerada custo de oportunidade uma vez que a fração produzida e não consumida pelas empresas até então é comercializada no mercado. Foi considerado custo de oportunidade porque as empresas devem renunciar parte da atual receita que auferem com a venda da biomassa. Dessa forma, o valor que corresponde à renúncia de receita da venda da biomassa compõe o custo de geração, sob a nomenclatura de custo de oportunidade.

O consumo de biomassa da termoelétrica foi estimado pela empresa de engenharia e para determinar o gasto com biomassa considerou-se a biomassa produzida nas empresas participantes da pesquisa. Após identificar a quantidade e tipo de biomassa que as empresas produzem, mas não consomem, portanto vendem, confrontou-se essa quantidade com a necessidade de biomassa dos projetos. Com isso foi possível identificar se a biomassa não consumida nas empresas é suficiente para atender a necessidade do projeto.

Na prática, as empresas consorciadas produzem a biomassa que necessitam para a geração de sua energia elétrica e simplesmente direcionam para a termoelétrica, na

quantidade correspondente à sua necessidade. Não há tributação sobre a biomassa, pois não há operação comercial nesse caso.

Para calcular esse custo de oportunidade da biomassa optou-se por considerar o preço médio ponderado do cavaco negociado pelas empresas participantes na pesquisa, referente a maio de 2019. A ponderação foi necessária por existir grande diferença, de uma empresa para outra, no volume do cavaco comercializado mensalmente. Cabe ressaltar que a média ponderada foi utilizada após a verificação de que nenhum comportamento econômico ocasionou desajuste momentâneo no mercado, repercutindo positiva ou negativamente no preço. Tal verificação se deu por meio da análise histórica do preço do “cavaco sujo”, que tem sua média calculada pelo Departamento de Economia Rural (DERAL) da Secretaria da Agricultura e do Abastecimento do estado do Paraná (SEAB). Segundo o DERAL/SEAB (2019), o preço do “cavaco sujo”, para o município de Guarapuava se manteve estável nos últimos quatro anos que antecederam a pesquisa.

Com relação ao transporte da biomassa, das indústrias consorciadas até a termelétrica, estimou-se a distância média e valor dos pisos mínimos de frete, com base nas tabelas da Agência Nacional de Transporte Terrestre (ANTT), conforme Resolução nº 5.842, de 23 de abril de 2019, tendo como base a Lei nº 13.703, de 08 de agosto de 2018.

Considerou-se também os custos de transação. Fundamentalmente, os custos de transação são os gastos que os agentes econômicos enfrentam quando compram e vendem no mercado, ou seja, são os custos com a negociação, elaboração e garantia de cumprimento de contrato (CONCEIÇÃO; COSTA, 2006; FIANI, 2002).

Para Caixeta e Wander (2015) e Mendes et al. (2002), uma das principais limitações na identificação desse tipo de custo reside na superficialidade dos estudos e na complexidade de se mensurar os custos de transação, uma vez que os mesmos sofrem alteração mediante característica da transação e do ambiente competitivo. Na presente pesquisa esse custo arbitrário foi tratado como custo necessário para elaboração e manutenção do contrato entre as empresas envolvidas no consórcio. Dada as limitações expostas considerou-se, a título de custo de transação, 2% sobre o valor do projeto.

No que se refere a entrada de caixa considerou-se a desoneração da fatura de energia elétrica das empresas participantes do projeto. Para estimar a desoneração das faturas de energia elétrica de cada uma das empresas realizaram-se os procedimentos detalhados no Quadro 2.

Quadro 2. Detalhamento da desoneração da fatura de energia elétrica

Simplificação de cálculo	Elemento	Descrição/detalhamento de cálculo
[1]	Projeto	Único
[2]	Cód. da Empresa	As empresas foram tratadas por códigos para manutenção do sigilo da informação
[3]	Horário de Consumo (*)	Ponta ou Fora da Ponta
[4]	Média de 12 meses de consumo de energia elétrica (kWh)	Média do Consumo de energia elétrica de cada uma das indústrias em kWh
[5]	Grupo de tensão	A (alta) ou B (baixa)
[6]	Custo de Disponibilidade (R\$) (**)	Aplicável às indústrias conectadas em baixa tensão (Grupo B)
[7]	Tarifa com Tributos (R\$)	Tarifa com ICMS, PIS e COFINS
[8 = 4x7]	Valor Total do Consumo de energia elétrica com Tributos (R\$)	Produto entre a média de 12 meses de consumo de energia elétrica (kWh) e a tarifa com tributos (R\$)
[9]	ICMS (R\$)(***)	Produto entre o valor total do consumo da energia elétrica com tributos (R\$) com a alíquota de ICMS (29% no Paraná)
[10]	PIS (R\$)	Produto entre o valor total do consumo da energia elétrica com tributos (R\$) [descontado o (R\$) do ICMS] com a alíquota de PIS (varia entre 0,7622% e 0,8594% conforme o caso)
[11]	COFINS (R\$)	Produto entre o valor total do consumo da energia elétrica com tributos (R\$) [descontado o (R\$) do ICMS] com a alíquota de COFINS (varia entre 3,5107% e 3,9583% conforme o caso)
[12 = 6+9]	Novo valor Total do Consumo com GD (R\$)	Somatório do custo de disponibilidade com o valor do ICMS
[13 = 8-12]	Desoneração da fatura de energia elétrica (R\$)	Diferença entre o valor total do consumo de energia elétrica com tributos (R\$) e o novo valor total do consumo com GD (R\$)

Nota: (*) O horário de ponta refere-se ao período composto por 3 (três) horas diárias consecutivas definidas pela distribuidora - no caso da Concessionária Energisa é das 18hs as 21hs - considerando a curva de carga de seu sistema elétrico, aprovado pela ANEEL para toda a área de concessão, com exceção feita aos sábados, domingos, e feriados nacionais.

O horário fora da ponta é o remanescente. (**) Indústrias enquadradas, junto à distribuidora, no grupo A (alta tensão) têm em suas faturas a continuidade da cobrança de valor referente à demanda contratada (em kW). Já as indústrias do grupo B (baixa tensão), arcam com um novo custo (de disponibilidade). (***) O ICMS, por se tratar de um tributo estadual, e sua isenção ainda não abarcar a geração compartilhada de energia, seu custo permanece na fatura de energia elétrica das empresas participante do projeto, mesmo após a participação na GD.

A desoneração da fatura de energia elétrica corresponde a recurso mensalmente disponível no caixa das empresas consorciadas, que antes da implantação do projeto era direcionado para pagamento da energia elétrica consumida junto à distribuidora local. Com esse recurso cada empresa participante do consórcio paga sua cota-parte dos custos da termoelétrica, já enumerados, na proporção da potência instalada de geração para atender a necessidade de energia elétrica de cada empresa. A desoneração acontece a partir do primeiro mês de operação da planta de geração.

Os valores residuais dos bens também compuseram as entradas de caixa. Considerou-se a não existência de mercado secundário ao final de sua vida útil de cada bem. Para Souza e Clemente (2015), é razoável que esses bens passem a apresentar somente valor de sucata. Esse entendimento aplica-se ao caso, pois o sistema de geração utilizado, com o tempo, com o contato com fogo (caldeira) e com a água apresenta processo corrosivo e necessita ser substituído. Assim, o valor residual considerado foi simbólico e para fins de registro correspondeu a 2% sobre o respectivo valor do investimento. Para os itens que, ao final do projeto, não chegaram ao final de sua vida útil, considerou-se depreciação parcial.

Método de análise de investimentos

De posse do fluxo de caixa, com especificação das saídas e entradas, ao longo da vida útil do projeto (25 anos), é possível fazer uso dos indicadores de viabilidade econômica. Trabalhou-se com valores e taxas reais a preço constante referente maio de 2019.

Segundo Gitman (2007), a Taxa Mínima de Atratividade (TMA), quando se trata de pessoa jurídica, deve levar em consideração, além da taxa de remuneração do capital, uma taxa para remunerar o risco. Castro e Lyra Filho (2005), ao tratar do setor elétrico brasileiro, já salientavam que seja na situação da época ou em expectativa futura, os riscos de investimentos e de contratação de energia são inerentes ao setor elétrico.

Gonçalves (2015) entende que as taxas de retorno previstas para os investidores do setor elétrico ficaram muito distantes do necessário para atrair os investimentos desejados. De forma prática, o autor entende que as taxas internas de retorno oferecidas e calculadas a partir da média entre as taxas oriundas das diversas fontes de financiamento, têm sido sistematicamente menores do que o retorno entendido como adequado para remunerar apropriadamente tais investimentos, dado o seu nível de risco.

Dessa forma, corroboram com o entendimento de Gonçalves (2015) os trabalhos que fazem uso de TMA mais elevada, tais como: Dassi et al. (2015) e Bueno (2018) que avaliaram a viabilidade econômica da implantação de sistema fotovoltaico e utilizaram TMA de 10%; Macedo et al. (2017), ao analisar a viabilidade econômico-financeira de um potencial parque de geração de energia eólica em diferentes localidades do Brasil e estimou TMA de 13,12%; Ribeiro (2018), que realizou análise técnica e econômica da produção de energia termelétrica utilizando como fonte a biomassa florestal e destacou que projetos de energia costumam utilizar TMA real de 10% a 12% ao ano. Buscando a razoabilidade entre os autores citados e o cenário econômico brasileiro até maio de 2019, optou-se para utilizar TMA real de 9% ao ano.

As técnicas de análise de investimentos podem ser divididas em dois grupos: técnicas que servem para selecionar projetos e técnicas que servem para gerar indicadores adicionais para os projetos já selecionados. Na primeira categoria estão os chamados Métodos Robustos de Alternativas de Investimentos como o Valor Presente Líquido (VPL). Já na segunda categoria estão os chamados Métodos Classificatórios (ou de corte), como o Método da Taxa Interna de Retorno (TIR), Razão de Benefício/Custo (IBC) e Método do Período de Recuperação do Capital (Pay-back) (SOUZA; CLEMENTE, 2015). Para Oliveira (2008), Eletrobrás et al. (2008), Puccini (2011), Ryba et al. (2012), Nunes (2016), Bruni e Famá (2017), os métodos citados são os mais difundidos para a análise de investimentos, o que motivou a escolha.

O cálculo do VPL, conforme Souza e Clemente (2015), é dado por:

$$VPL = \sum_{j=0}^n \frac{(CF_j)}{(1+i)^j} \quad (3)$$

Em que: CF_j = Fluxo de caixa no tempo j ; i = taxa de desconto (TMA).

Para Puccini (2011), o projeto deve ser aceito no caso de o VPL ser positivo. De acordo com Assaf Neto (1992), VPL negativo evidencia um retorno inferior à taxa mínima requerida, mostrando-se desinteressante sua aceitação. Assim, por dedução, quanto maior e mais distante de zero estiver VPL, mais interessante mostra-se o projeto em estudo.

A Taxa Interna de Retorno (TIR) é a taxa que torna o VPL de um fluxo de caixa igual a zero. Para Puccini (2011), sua grandeza é dada pela seguinte equação:

$$VPL = \sum_{j=0}^n \frac{(CF_j)}{(1+i)^j} = zero \quad (4)$$

Em que: CF_j = Fluxo de caixa no tempo j ; i = taxa de desconto (TIR).

A atratividade, do ponto de vista financeiro, de um projeto é identificada ao comparar a TIR com a TMA. A regra para decisão sobre a TIR está na sua grandeza relativa. Segundo Souza e Clemente (2015), se a TIR for maior que a TMA o projeto mostra-se viável.

Sampaio Filho (2008) lembra que a TIR eventualmente pode apresentar mais de uma solução. Isso é possível em projetos que tenham várias inversões de sinal entre fluxos de caixa positivos e negativos. Projetos com essa característica são denominados não convencionais. De acordo com o autor, Norstrom demonstrou que o fluxo de caixa não convencional admitirá uma única solução positiva para a TIR, desde que: o primeiro fluxo seja negativo; o último positivo; a soma algébrica dos fluxos seja positiva; e não haja mais de uma variação de sinal na soma algébrica dos fluxos de caixa, acumulados em cada período. De acordo com Barbieri et al. (2007), nos casos em que a TIR existe e é única, a condição $TIR \geq TMA$ classifica claramente o projeto como aceitável.

Na sequência dos procedimentos, identificou-se a grandeza do IBC. O IBC se dá pela razão entre o Fluxo Esperado de Benefícios de um projeto e o Fluxo esperado de Investimentos necessários para realizá-lo. O Índice Benefício Custo é uma medida de quanto se ganha por unidade de capital investido (SOUZA e CLEMENTE, 2015). Seu cálculo, de acordo com Souza e Clemente (2015), pode ser descrito pela seguinte função:

$$IBC = \frac{\sum_{j=1}^n (CF_j)/(1+i)^j}{CF_0} \quad (5)$$

Em que: CF_j = Fluxo de caixa no tempo j ; i = taxa de desconto ou TMA. CF_0 = Fluxo de caixa na data zero (inicial).

O passo seguinte foi identificar o tempo que o projeto leva para retornar o investimento inicial. Seu cálculo se deu pela soma dos valores dos benefícios, período a período de forma acumulativa, até que essa se iguale ao valor do investimento inicial. Para fins dessa pesquisa se fez uso do pay-back descontado.

A informação que o pay-back descontado oferece é referente ao período necessário para que o investidor retome o dinheiro que fora investido, considerando uma taxa de desconto, e a partir daí comece a obter ganhos de capital (OLIVEIRA, 2008). A metodologia do tempo de retorno descontado tem o adicional de ser calculado a partir de um fluxo descontado, o que retira o problema da não consideração do valor do dinheiro no tempo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Partiu-se dos agrupamentos definidos no capítulo “PARCERIAS EMPRESARIAIS PARA CRIAÇÃO DE CONSÓRCIO DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA: UM ESTUDO DE CASO”, sendo esses os apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Agrupamentos (AGR) resultantes da análise fatorial e de conglomerados.

AGR	Característica do agrupamento	Cód. da Empresa
1	Acreditam em parceria, dificuldades de gestão	1, 2, 3, 9, 10, 11, 13, 14, 16, 17, 23, 25, 26, 27, 28, 31
2	Descrentes de parcerias	4, 6, 8, 12, 19, 20, 21, 22, 24
3	Parceiros ideais (maduras em termo de organização e gestão e acreditam em parcerias)	5, 7, 15, 18, 29, 30, 32

Fonte: Os autores, 2019.

O agrupamento 3, com 7 empresas, mostrou-se o conjunto com melhor perfil para se organizar sob forma de consórcio contratual para geração distribuída e compartilhada de energia elétrica. Esse agrupamento se constituiu de indústrias maduras em termos de

organização e gestão, empresas essas que acreditam em parcerias sendo, portanto, mais preparadas para integrar um consórcio de empresas.

Para definir a potência de geração da termoeétrica se levantou inicialmente o consumo de energia elétrica das empresas do agrupamento de interesse. A Tabela 2 sintetiza a quantidade consumida e o gasto com energia elétrica dessas indústrias.

Tabela 2. Consumo de energia elétrica das empresas do agrupamento 3.

N de empresas (*)	Tensão	Consumo médio mensal de energia elétrica fora da ponta (kWh)	Consumo médio mensal de energia elétrica na ponta (kWh)	Gasto médio mensal com consumo de energia elétrica com tributos (R\$)
5	A	1.188.145	104.226	773.238,17

Nota: (*) duas empresas optaram em não participar do estudo da potência da planta de geração e não disponibilizaram seus históricos de consumo de energia elétrica. Fonte: Os autores, 2019.

As empresas, em conjunto, consomem em média 1,29 milhões de kWh/mês de eletricidade, sendo 8% desse total em horário de ponta, em que o preço é 4,5 vezes maior que no horário fora da ponta.

A partir do consumo médio mensal de energia elétrica se identificou a potência de geração do projeto em estudo, bem como a necessidade de biomassa para atender a geração de energia. Sobre a biomassa, identificou-se que o pinus representa quase a totalidade (96,9%), eventualmente conjugado com outro tipo de madeira como o eucalipto.

De um total de 21.554 toneladas geradas mensalmente de biomassa nas empresas que participaram da pesquisa, 13.212 toneladas (61,3%) são destinadas ao mercado e 8.322 toneladas (38,6%) são utilizadas para consumo interno das empresas, na geração de calor. Da parte destinada ao mercado, o cavaco é a maior fração e corresponde a 11.443 toneladas mensais. Parte desse cavaco, até então comercializado, quando destinado para o projeto de geração, passa a compor o custo de oportunidade do consórcio de geração, com preço médio (média ponderada) de R\$58,05/tonelada.

De posse das informações de consumo médio de eletricidade das empresas do agrupamento e levantamento da disponibilidade de biomassa, se recorreu à empresa de engenharia e soluções integradas para plantas industriais e geração de energia, para levantar as especificações técnicas e orçamento do projeto. Os detalhamentos resultantes estão especificados na Tabela 3.

Tabela 3. Especificações técnicas do projeto de geração.

Elemento	Descrição	Grandeza	Unid.
Potência e geração	Potência bruta de geração	2,25	MW
	Fator de consumo Interno	0,13	(%)
	Fator de indisponibilidade	0,10	(%)
	Horas no mês	720	h
	Potência líquida	1,73	MW
	Energia líquida gerada (mês)	1.247,40	MWh
	Energia líquida gerada (ano)	14.968,80	MWh
Caldeira (*)	Pressão	27	bar (g)
	Temperatura	350	°C
	Vazão de vapor	15	t/h
Combustível (**)	Umidade na base seca	0,45	(%)
	PCI (***)	2.200	kcal/kg
	Consumo específico de combustível	2,55	t/MWh
	Consumo de combustível	5,73	t/h
	Combustível por mês	4.126,87	t

Fonte: A1 Engenharia (2019).

Finalmente, com as estimativas das saídas e entradas de recursos e as especificações técnicas do projeto, projetou-se o fluxo de caixa para posterior estimativas dos indicadores de viabilidade econômica. O fluxo de caixa projetado está apresentado na Tabela 4.

Destaca-se que o custo operacional do projeto corresponde a R\$28.125,72/mês e o montante investido por unidade de potência é de R\$4.445,60/KW.

Tabela 4. Fluxo de caixa projetado (em R\$).

Período (anos)	Entrada de Caixa		Saída de Caixa							
	Desoneração da fatura de Energia Elétrica junto à distribuidora	Valor residual de (re) investimentos	(Re) investimento	IPPU	Custo operacional	Custo manutenção	Custo de oportunidade-arrendamento	Custo de oportunidade-cavaco	Transporte-cavaco	Custo de transação
0	0	0	10.002.603	0	0	0	0	0	0	0
1	6.587.989	0	0	3.124	337.509	100.026	30.000	2.874.780	108.454	8.002
2	6.587.989	0	0	3.124	337.509	100.026	30.000	2.874.780	108.454	8.002
3	6.587.989	0	0	3.124	337.509	100.026	30.000	2.874.780	108.454	8.002
4	6.587.989	0	0	3.124	337.509	100.026	30.000	2.874.780	108.454	8.002
5	6.587.989	40	1.989	3.124	337.509	100.026	30.000	2.874.780	108.454	8.002
6	6.587.989	0	0	3.124	337.509	100.026	30.000	2.874.780	108.454	8.002
7	6.587.989	0	0	3.124	337.509	100.026	30.000	2.874.780	108.454	8.002
8	6.587.989	0	0	3.124	337.509	100.026	30.000	2.874.780	108.454	8.002
9	6.587.989	0	0	3.124	337.509	100.026	30.000	2.874.780	108.454	8.002
10	6.587.989	185.811	9.290.563	3.124	337.509	100.026	30.000	2.874.780	108.454	8.002
11	6.587.989	0	0	3.124	337.509	100.026	30.000	2.874.780	108.454	8.002
12	6.587.989	0	0	3.124	337.509	100.026	30.000	2.874.780	108.454	8.002
13	6.587.989	0	0	3.124	337.509	100.026	30.000	2.874.780	108.454	8.002
14	6.587.989	0	0	3.124	337.509	100.026	30.000	2.874.780	108.454	8.002
15	6.587.989	40	1.989	3.124	337.509	100.026	30.000	2.874.780	108.454	8.002
16	6.587.989	0	0	3.124	337.509	100.026	30.000	2.874.780	108.454	8.002
17	6.587.989	0	0	3.124	337.509	100.026	30.000	2.874.780	108.454	8.002
18	6.587.989	0	0	3.124	337.509	100.026	30.000	2.874.780	108.454	8.002
19	6.587.989	0	0	3.124	337.509	100.026	30.000	2.874.780	108.454	8.002
20	6.587.989	185.811	9.290.563	3.124	337.509	100.026	30.000	2.874.780	108.454	8.002
21	6.587.989	0	0	3.124	337.509	100.026	30.000	2.874.780	108.454	8.002
22	6.587.989	0	0	3.124	337.509	100.026	30.000	2.874.780	108.454	8.002
23	6.587.989	0	0	3.124	337.509	100.026	30.000	2.874.780	108.454	8.002
24	6.587.989	0	0	3.124	337.509	100.026	30.000	2.874.780	108.454	8.002
25	6.587.989	4.658.568	0	3.124	337.509	100.026	30.000	2.874.780	108.454	8.002

Fonte: Os autores, 2019.

De posse do fluxo de caixa projetado, estimou-se os indicadores de viabilidade econômica (Tabela 5). Nota-se que o projeto apresentou Valor Presente Líquido acima de zero, taxa de retorno superior à taxa mínima de atratividade, com tempo de retorno do capital (descontado) dentro da vida útil dos projetos (aproximadamente 4 anos). Também o Índice de Benefício/Custo foi superior a 1, o que indica que os benefícios financeiros do projeto são maiores que os investimentos e os custos de geração.

Tabela 5. Resultado dos indicadores de viabilidade econômica do projeto

Indicador	Resultado do indicador
Vida útil do projeto (anos)	25
Valor do Projeto (R\$)	10.002.602,85
TMA (% a.a.)	9,00
VPL (R\$)	15.771.630,94
TIR(*) (% a.a.)	28,99
IBC	2,58
Pay-back descontado (anos)	3,94

Nota:(*) A TIR, mediante utilização do critério de Norstrom, mostrou-se única para o projeto.

Para entender a magnitude da TIR é importante lembrar que a partir do momento que o projeto inicia sua operação, as empresas consorciadas deixam de remunerar os agentes da geração centralizada e passam a absorver os benefícios da geração distribuída. Enquanto não se implanta o projeto, as indústrias compram energia elétrica da distribuidora local remunerando-a, além de remunerar o serviço de geração e o serviço de transmissão.

Na literatura, há estudos de viabilidade econômica de Projetos com geração distribuída de energia elétrica a partir da biomassa, cujos resultados se mostram compatíveis com o projeto analisado nessa pesquisa. Tinoco et al. (2017), e Alves (2019) identificaram viabilidade econômica na geração distribuída de energia elétrica por biogás oriundo de dejetos animais. Para o primeiro autor, os resultados obtidos evidenciam VPL positivo em todos os casos (suínos, bovinos e cama de aves) e retorno do investimento em 5 anos. Para Alves (2019) dentre os diferentes cenários identificou também VPL positivo e retorno do investimento em 6,3 anos.

Com relação à geração distribuída e compartilhada, há de se ressaltar que a resolução que criou a modalidade é relativamente recente, final de 2015, e dessa forma a existência de trabalhos científicos e estudos de caso é ainda incipiente. No estado do Paraná em 2019 inaugurou a Ecooperativa, a primeira cooperativa de energia elétrica a partir de biomassa lenhosa da Região Metropolitana de Curitiba, localizada na Fazenda Rio Grande. Segundo a Ecooperativa (2019), a instalação de equipamentos para geração de energia de forma individual, exige aproximadamente 2 a 5 vezes mais investimento do que uma solução coletiva como a cooperativa de energia.

Estudo de geração de energia termelétrica utilizando como fonte a biomassa florestal (cavaco de eucalipto), desenvolvido por Ribeiro (2018), apesar de não se referir à modalidade de geração distribuída e não se dar de forma compartilhada (consócio ou cooperativa), realizou análise econômica de um projeto de 10 MW. Ao tratar a venda de energia no ACR por meio da participação em leilões de energia nova, a TIR encontrada pelo autor foi de 15% ao ano. O resultado encontrado por Ribeiro (2018) corrobora para o resultado encontrado na presente pesquisa, uma vez que evidencia viabilidade mesmo considerando preço de energia em leilões, bem abaixo do preço da energia pago pelas unidades consumidoras que é a referência para estudos em Geração Distribuída.

CONCLUSÕES

Os resultados dos indicadores empregados na pesquisa corroboram para entendimento de viabilidade econômica do projeto estudado, sendo: VPL acima de zero, taxa de retorno superior à taxa mínima de atratividade, tempo de retorno do capital (descontado) dentro da vida útil dos projetos (aprox. 4 anos) e IBC superior a 1 (benefício>custo).

Há fortes indícios que sugerem a existência de viabilidade econômica na geração distribuída e compartilhada de energia elétrica para um consócio de 5 indústrias de produtos de madeira instaladas no município de Guarapuava-PR, com projeto de geração bruta de 2,25MW e utilização de biomassa florestal (cavaco) como combustível.

REFERÊNCIAS

A1 ENGENHARIA. Termoelétricas e turbinas a vapor. Disponível em: <<https://a1.ind.br/energia.html>>. Acesso em: 10 de maio de 2019.

ACKERMANN, T.; ANDERSSON, G.; SÖDER, L. Distributed generation: a definition. *Electric Power Systems Research*, v. 57, n. 3, p. 195-204, 2001.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, ANEEL. Leilão de energia garante investimento de R\$ 11,2 bilhões. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/sala-de-imprensa-exibicao/-/asset_publisher/XGPXSqdMFHrE/content/leilao-de-energia-garante-investimento-de-r-11-2-bilhoes/656877?inheritRedirect=false> Acesso em: 12 de setembro de 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, ANEEL. Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012. Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências. Diário Oficial, seção 1, p. 53, v. 149, n. 76, 19 de abr. 2012.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, ANEEL. Resolução Normativa nº 687, de 24 de novembro de 2015. Altera a Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012, e os Módulos 1 e 3 dos Procedimentos de Distribuição - PRODIST. Diário Oficial, seção 1, p. 45, v. 152, n. 230, 2 de dez. 2015.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, ANEEL. Resolução Normativa nº 786, de 17 de outubro de 2017. Altera a Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012. Diário Oficial, seção 1, p. 94, v. 154, n. 207, 27 out. 2017.

ALTOÉ, L.; COSTA, J. M.; OLIVEIRA FILHO, D.; MARTINEZ, F. J. R.; FERRAREZ, A. H.; VIANA, L. A. Políticas públicas de incentivo à eficiência energética. Estudos Avançados, São Paulo, v.31, n. 89, p. 285-297, 2017.

ALVES, R. B. Análise da viabilidade econômica da geração de energia elétrica a partir do biogás de suinocultura em terminação. 30f. 2019. Trabalho de conclusão de curso (Pós Graduação em Tecnologias da Cadeia Produtiva do Biogás), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR, Medianeira, 2019.

ASSAF NETO, A. Os métodos quantitativos de análise de investimentos. Caderno de Estudos, São Paulo, v. s/n, n. 6, p. 1-16, out. 1992.

ASSOCIAÇÃO PARANAENSE DE EMPRESAS DE BASE FLORESTAL, APRE. Estudo Setorial 2017/2018. Curitiba: STCP, 2018.

BAJAY, S.; JANNUZZI, G. M.; HEIDEIER, R. B.; VILELA, I. R.; PACCOLA, J. A.; GOMES, R. Geração distribuída e eficiência energética: reflexões para o setor elétrico de hoje e do futuro. 1 Ed. Campinas: IEI Brasil, 2018.

BARBIERI, J. C.; ÁLVARES, A. C. T.; MACHLINE, C. Taxa interna de retorno: controvérsias e interpretações. GEPROS- Gestão da Produção, Operações e Sistemas, v. 5, n. 4, p. 131-142, 2007.

BARJA, G. J. A. A cogeração e sua inserção ao sistema elétrico. 157f. Dissertação (Mestrado em Ciências Mecânicas) - Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

BRUNI, A. L.; FAMÁ, R. As decisões de investimentos. 4 Ed. São Paulo: Atlas, 2017.

BUENO, A. P. M. Avaliação da viabilidade de sistema fotovoltaico conectado à

rede elétrica para irrigação com pivô central. 38f. 2018. Artigo Acadêmico (Trabalho de Conclusão Curso, Graduação em Engenharia Ambiental), Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018.

CAIXETA, A. C. D.; WANDER, A. E. Nova Economia Institucional e Agronegócio: aplicações e limitações. *Conjuntura Econômica Goiana*, Goiânia, 2015, v. s/n, n.34, p. 33-42, 2015.

CARVALHO, S. S. Uma visão geral sobre a reforma trabalhista. *Boletim Mercado de Trabalho - Conjuntura e Análise*, nº 63, outubro de 2017.

CASTRO, R. ; LYRA FILHO, C. Um método de suporte a decisões sobre investimento e comercialização de energia elétrica no Brasil. *Revista Controle & Automação*, Campinas, v. 16, n.4, p.478-494, 2005.

CONCEIÇÃO, R. J.; COSTA, A. J. D. Custos de transação e estruturas organizacionais: um estudo de caso para o setor petrolífero. In: XIII Simpósio de Engenharia de Produção, SIMPEP. Bauru, SP, Anais... XIII Simpósio de Engenharia de Produção, SIMPEP, 2006.

DASSI, J. A.; ZANIN, A.; BAGATINI, F. M.; TIBOLA, A.; BARICHELLO, R.; MOURA, G. D. Análise da viabilidade econômico-financeira da energia solar fotovoltaica em uma Instituição de Ensino Superior do Sul do Brasil. *Congresso Brasileiro de Custos*, São Leopoldo-RS, v. 26, n. 1, p.1-16, 2015.

DENARDIN, A. A. A importância do custo de oportunidade para a avaliação de empreendimentos baseados na criação de valor econômico (economic value added - eva). *ConTexto*, Porto Alegre, v. 4, n. 6, p.1-20, 2004.

DEPARTAMENTO DE ECONOMIA RURAL / SECRETARIA DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO, DERAL/SEAB. Preços de produtos florestais. Disponível em: < <http://www.agricultura.pr.gov.br/Pagina/Precos-de-Produtos-Florestais/>>. Acesso em: 16 de outubro de 2019.

ECOPERATIVA. Lançamento da Cooperativa de Energia Paraná 1 - Ecoperativa. Disponível em: < <http://www.ecoperativa.com.br>>. Acesso em: 12 de fevereiro de 2020.

ELETROBRÁS; CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA; PROCEL INDÚSTRIA. Análise econômica de investimento: guia básico. Brasília: IEL/NC, 2008.

FIANI, R. Teoria dos custos de transação. In: KUPFER, D.; HASENCLEVER, L. (Org.). *Economia industrial: fundamentos teóricos e prática no Brasil*. Rio de Janeiro: Campus, 2002. p.267-276.

FONSECA, A. D. Biomass-to-liquids: uma contribuição ao estudo da obtenção de biocombustíveis sintéticos através da síntese Fischer-Tropsch. 143 f. 2009. Dissertação

(Mestrado em Energia) - Pós-Graduação em Energia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

GITMAN, L. J. Princípios de administração financeira. 10 Ed. São Paulo: Harbra, 2007.

GONÇALVES, E. Percepção de risco no setor elétrico brasileiro. 2015.

Disponível em: <<https://ceri.fgv.br/publicacoes/percepcao-de-risco-no-setor-eletrico-brasileiro>>. Acesso em: 14 de fevereiro de 2020.

HERSEN, A. Viabilidade econômica da geração distribuída e compartilhada de energia elétrica proveniente da biomassa florestal no município de Guarapuava, PR. 146f. 2020. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, UFPR, Curitiba, Paraná, 2020.

KREIN, J. D.; OLIVEIRA, R. V.; FILGUEIRAS, V. A. As reformas trabalhistas: promessas e impactos na vida de quem trabalha. Caderno CRH, Salvador, v.32, n. 86, p. 225-229, 2019.

LEMES, A. S. Eletricidade básica. 27f. 2019. (Apostila) Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo - Campus de Presidente Epitácio. Presidente Epitácio, 2019.

MACEDO, C. A. A.; ALBUQUERQUE, A. A.; MORALLES, H. F. Analysis of economic and financial viability and risk evaluation of a wind project with Monte Carlo simulation. Gestão & Produção, São Carlos, v. 24, n. 4, p. 731-744, 2017.

MALHOTRA, N. K. Pesquisa de marketing: uma orientação aplicada. 4ª Ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

MENDES, K.; FIGUEIREDO, J. C.; MICHELS, I. L. A nova economia institucional e sua aplicação no estudo do agronegócio brasileiro. Revista de Economia e Agronegócio, Viçosa, v.6, n.3, p.309-342, 2002.

NUNES, S. D. M. Análise e avaliação de um projeto de investimento em ativos reais. 81 f. 2016. Dissertação (Mestrado em Gestão), Faculdade de Economia, Universidade de Coimbra, Coimbra, 2016.

OLIVEIRA, M. H. F. A avaliação econômico-financeira de investimentos sob condição de incerteza: uma comparação entre o método de monte carlo e o vpl fuzzy. São Carlos: LG, 2008.

PASTORE, J. A batalha dos encargos sociais. Folha de São Paulo, São Paulo, 28 fev. 1996.

PREILIPPER, U. E. M.; DALFOVO, W. C. T.; ZAPPAROLI, I. D.; MAROUBO, L. A.; MAINARDES, E. L. Aproveitamento do resíduo madeireiro na produção de

energia termelétrica no município de Marcelândia-MT. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, v. 36, n. 02, p. 411-428, 2016.

PUCCINI; E. C. *Matemática financeira e análise de investimentos*. Brasília: CAPES/UAB, 2011.

RECEITA FEDERAL, RF. Instrução Normativa RFB nº 1700, de 14 de março de 2017. Dispõe sobre a determinação e o pagamento do imposto sobre a renda e da contribuição social sobre o lucro líquido das pessoas jurídicas e disciplina o tratamento tributário da Contribuição para o PIS/Pasep e da Cofins no que se refere

às alterações introduzidas pela Lei nº 12.973, de 13 de maio de 2014. *Diário Oficial da União*, seção 1, p. 23, 16 de mar. 2017.

RIBEIRO, G. B. D. *Análise técnica e econômica da produção de energia termelétrica a partir da biomassa florestal*. 106f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2018.

RYBA, A.; LENZI, E. K.; LENZI, M. K. *Elementos de Engenharia Econômica*. Editora Intersaberes: São Paulo, 2012.

SAMPAIO FILHO, A. C. S. *Taxa interna de retorno modificada: proposta de implementação automatizada para cálculo em projetos não-periódicos, não necessariamente convencionais*. Rio de Janeiro: Faculdades Ibmecc, 2008.

TIMOFEICZYK JUNIOR, R. *Análise econômica do manejo de baixo impacto em florestas tropicais - um estudo de caso*. 126f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

TINOCO, C. M. M.; SCANAVEZ, P. H. F.; MARTINS, J. C.; MARTINS, L. C. *Análise de viabilidade econômica da geração de energia elétrica por biomassa provinda de propriedades rurais*. In: XXXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, ENEGEP. Joinville, SC, Anais... XXXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, ENEGEP, 2017.

TOLMASQUIM, M. T. (Coord.). *Energia termelétrica: gás natural, biomassa, carvão, nuclear*. Rio de Janeiro: EPE, 2016.

SARTORIS, A. *Estatística e introdução à econometria*. São Paulo: Saraiva, 2003.

SILVA, D. A.; OSHIRO, C. R. *Energias naturais renováveis*. 117p. (Apostila) Curitiba: UFPR/PECCA, 2017.

SINDICATO DOS TRABALHADORES NAS INDÚSTRIAS DA CONSTRUÇÃO E DO MOBILIÁRIO DE GUARAPUAVA. *Termo aditivo a convenção coletiva de trabalho 2019/2020*. Disponível em: <<http://sticmguarapuava.org.br/convencoes.php>>. Acesso em: 6 de agosto de 2019.

SINDUSMADEIRA. Sobre. Disponível em: <<http://sindusmadeira.com.br/sobre/>> Acesso em: 02 de abril de 2019.

SOUZA, A.; CLEMENTE, A. Decisões financeiras e análise de investimentos: fundamentos, técnicas e aplicações. São Paulo: Atlas, 2015.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Distributed generation of electricity and its environmental impacts. Disponível em: <<https://www.epa.gov/energy/distributed-generation-electricity-and-its-environmental-impacts>>. Acesso em: 30 de novembro de 2019.

VIEIRA, S. Como elaborar questionários. São Paulo: Atlas, 2009.

WORLD BIOENERGY ASSOCIATION. Global bioenergy statistics 2017. Disponível em: <<https://www.worldbioenergy.org>>. Acesso em: 12 de novembro de 2018.

WORLD ENERGY COUNCIL, WEC. Data: biomass. Disponível em: <<https://www.worldenergy.org/data/resources/resource/biomass/>>. Acesso em: 15 de março de 2018.