



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

PEDRO VIEIRA SOUZA SANTOS

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE PEQUENAS E MÉDIAS EMPRESAS DO APL  
DO GESSO PERNAMBUCANO: uma análise integrada do *Balanced Scorecard* com o  
*Data Envelopment Analysis***

**Caruaru  
2019**

PEDRO VIEIRA SOUZA SANTOS

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE PEQUENAS E MÉDIAS EMPRESAS DO APL  
DO GESSO PERNAMBUCANO: uma análise integrada do *Balanced Scorecard* com o  
*Data Envelopment Analysis***

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de mestre em Engenharia de Produção.

**Área de Concentração:** Otimização e Gestão da Produção.

**Orientadora:** Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Thárcylla Rebecca Negreiros Clemente.

Caruaru

2019

Catálogo na fonte:  
Bibliotecária – Paula Silva - CRB/4 - 1223

S237a Santos, Pedro Vieira Souza.

Avaliação do desempenho de pequenas e médias empresas do APL do gesso pernambucano: uma análise integrada do Balanced Scorecard como o Data Envelopment Analysis. / Pedro Vieira Souza Santos. – 2019.  
123 f.; il.: 30 cm.

Orientadora: Thácylla Rebecca Negreiros Clemente.  
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, CAA, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, 2019.  
Inclui Referências.

1. Desempenho - Avaliação. 2. Planejamento estratégico – Pernambuco. 3. Análise envoltória de dados - Pernambuco. 4. Pequenas e médias empresas - Pernambuco. 5. Gesso - Pernambuco. 6. Administração da produção – Pernambuco. I. Clemente, Thácylla Rebecca Negreiros (Orientadora). II. Título.

CDD 658.5 (23. ed.)

UFPE (CAA 2019-360)

PEDRO VIEIRA SOUZA SANTOS

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE PEQUENAS E MÉDIAS EMPRESAS DO APL  
DO GESSO PERNAMBUCANO: uma análise integrada do *Balanced Scorecard* com o  
*Data Envelopment Analysis***

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de mestre em Engenharia de Produção.

Aprovada em: 13/12/2019.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Thárcylla Rebecca Negreiros Clemente (Orientadora)  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Prof. Dr. Lucimário Gois de Oliveira Silva (Examinador Interno)  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Andréa de Vasconcelos Ferraz (Examinador Externo)  
Universidade Federal do Vale do São Francisco

Dedico esse trabalho à minha família.

## AGRADECIMENTOS

Grato sou ao Senhor, que tem me concedido vida e misericórdia, e a sua providência tem conservado o meu espírito. Deus alegrou meu coração e me concedeu sabedoria para que, com meu trabalho, eu pudesse honrá-lo. E, ao longo de todo esse período em busca de novos conhecimentos, Ele sempre esteve comigo, encorajando-me; eu, verdadeiramente, conheci o Deus de providência.

Agradeço à minha família, que sempre me apoiou na árdua busca do sonho de estudar. Meus estimados avós, Natalício (*In memoriam*) e Gilvan (*In memoriam*) e minhas diletas avós, Ceixa (*In memoriam*) e Socorro, agradeço pelo exemplo, de pessoas e profissionais, que me deram e pelos ensinamentos que adquiri por meio dos valores que me passaram. Aos meus amados pais, Nailton e Petrucia, grato sou por tudo que fizeram por mim até aqui e os quais honrarei com toda minha vida; ouvirei sempre, a vossa instrução e o vosso ensino.

Meus queridos irmãos, Paulo Victor e Paula Victória, aos quais amo profundamente e alegro-me sempre em saber que os tenho ao meu lado. Meus tios, Newton, Nadilson, Péricles e minhas tias, Pollyanna e Carmanna sou imensamente gratifico por todo apoio que me deram e pela disposição em ajudar sempre que precisei. A todos da minha família, que de alguma forma contribuíram para esse sonho ser possível, honrarei sempre com dedicação e gratidão em tudo que eu fizer.

Aos meus amigos que acompanharam minha trajetória e me incentivaram a sempre fazer o meu melhor, sou mais que grato. Ciro, Américo, Maurílio, Carla, Kamilla, Leiziane, Felipe, Naiane e Targieli, eu não posso esquecer o quanto vocês foram primordiais na minha chegada até aqui, nesse trabalho tem um pouco de cada um de vocês. Aos demais amigos, obrigado!

Por fim, mas não menos importante, agradeço à minha orientadora Professora Thárcylla Negreiros por seu empenho e disposição em me orientar durante essa fase na Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Aos meus professores da Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF), em especial Ana Castro, Andréa Ferraz, Francisco Alves, Ângelo Leite e Vivianni Marques por todo apoio, inspiração e incentivo à carreira acadêmica, obrigado! A todos vocês e aos que, de certo modo, contribuíram para essa conquista, não deixo de dar graças por vocês, mencionando-os em minhas orações.

“Un peu de science éloigne de Dieu, beaucoup de science y ramène<sup>1</sup>.“  
(PASTEUR, 1957, p. 66)

---

<sup>1</sup> “Um pouco de ciência nos afasta de Deus, muita ciência nos aproxima (Tradução)”

## RESUMO

Tendo em vista a constante busca por sustentabilidade dos negócios e a vantagem competitiva, analisar o desempenho das operações é uma oportunidade de adequar-se ao mercado cada vez mais acirrado. No caso das Pequenas e Médias Empresas (PME) não é diferente e métodos podem ser empregados para avaliação da performance desse tipo de organização. A princípio, o Balanced Scorecard (BSC) pode trazer informações relevantes do ponto de vista dos indicadores de desempenho. Contudo, sua aplicação isolada reduz a qualidade dos resultados obtidos em sua estrutura. Isto posto, o objetivo geral desta pesquisa foi avaliar o desempenho operacional e gerencial das PME atuantes no APL do Gesso pernambucano, tendo em vista a escassez de referências de apoio aos processos gerenciais dessas empresas. Para isso, a integração da abordagem proposta pelo BSC com a técnica de Análise Envoltória de Dados (DEA), pode quantificar os conceitos qualitativos incorporados na abordagem BSC e oferecer diretrizes adequadas para as PME estudadas. Metodologicamente, a pesquisa dividiu-se em duas fases: na primeira, fez-se uma revisão da literatura em busca de indicadores de desempenho pertinentes ao setor de mineração, adequando-os nas quatro perspectivas do BSC. Numa segunda fase, aplicou-se o modelo DEA BCC orientado ao *input* para avaliação do desempenho de dezesseis PME pernambucanas calcinadoras de gesso. O resultado gerado pelo *Software for Data Envelopment Analysis* (SDEA<sup>®</sup>) indicou cinco empresas como eficientes (A, D, E, J, N), pois obtiveram *score* ( $\theta$ ) máximo, isto é, igual a um (1,0) na avaliação. Além disso, como forma de incrementar a análise, considerou-se a eficiência invertida, que é uma abordagem do tipo pessimista das DMU. Para o cálculo desse *score*, faz-se uma troca dos inputs com os outputs considerados no modelo original e percebeu-se como *anti-benchmark* as empresas A, B, M, G, O e I. Apesar de ter sido incluída na fronteira invertida, a DMU A pode ser apontada como a empresa eficiente desse conjunto total de dezesseis organizações. Essa afirmativa é baseada no valor obtido para eficiência composta (calculada por meio da eficiência clássica e da eficiência invertida), o que indica a empresa com melhor desempenho. Logo, pôde-se concluir que o modelo DEA aplicado no contexto das empresas calcinadoras do APL do Gesso em Pernambuco, apresentou-se como uma ferramenta útil e prática para avaliar a eficiência dessas organizações.

Palavras-chave: Indicadores de desempenho. Balanced Scorecard. Análise envoltória de dados. Pequenas e médias empresas. APL de gesso pernambucano.

## ABSTRACT

Given the constant pursuit of business sustainability and competitive advantage, analyzing the performance of operations is an opportunity to adapt to the increasingly fierce market. In the case of Small and Medium Enterprises (SMEs) is no different and methods can be employed to evaluate the performance of this type of organization. At first, the Balanced Scorecard (BSC) can provide relevant information from the point of view of performance indicators. However, its isolated application reduces the quality of the results obtained in its structure. That said, the general objective of this research was to evaluate the operational and managerial performance of SMEs operating in the Pernambuco Gypsum APL, in view of the lack of references to support the management processes of these companies. For this, the integration of the approach proposed by BSC with the Data Envelopment Analysis (DEA) technique can quantify the qualitative concepts incorporated in the BSC approach and offer appropriate guidelines for the studied SMEs. Methodologically, the research was divided into two phases: in the first one, a literature review was performed in search of performance indicators pertinent to the mining sector, adjusting them in the four perspectives of the BSC. In a second phase, the input-oriented DEA BCC model was applied to evaluate the performance of sixteen Pernambucan plaster-casting SMEs. The result generated by the Software for Data Envelopment Analysis (SDEA<sup>®</sup>) indicated five companies as efficient (A, D, E, J, N), as they obtained a maximum score ( $\theta$ ), that is, equal to one (1.0) in evaluation. In addition, as a way to further the analysis, inverted efficiency was considered, which is a pessimistic approach to DMUs. To calculate this score, the inputs are exchanged with the outputs considered in the original model and the A, B, M, G, O and I companies were perceived as anti-benchmarks. Although it was included in the inverted frontier, DMU A can be cited as the efficient enterprise of this total set of sixteen organizations. This statement is based on the value obtained for compound efficiency (calculated by classical efficiency and inverted efficiency), which indicates the company with the best performance. Therefore, it could be concluded that the DEA model applied in the context of the Gypsum APL calcinating companies in Pernambuco presented itself as a useful and practical tool to evaluate the efficiency of these organizations.

**Keywords:** Key performance indicators. Balanced Scorecard. Data Envelopment Analysis. Small and medium enterprises. LPA gypsum of pernambucano.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Região do Araripe em Pernambuco .....	24
Figura 2 –	Minério de Gipsita extraído .....	26
Figura 3 –	Perspectivas do Balanced Scorecard (BSC) .....	34
Figura 4 –	Representação gráfica dos modelos BCC e CCR .....	46
Figura 5 –	Sequência de etapas desenvolvidas na Fase 1 .....	54
Figura 6 –	Sequência de etapas desenvolvidas na Fase 2 .....	56
Figura 7 –	Abordagens das pesquisas com BSC .....	67
Figura 8 –	CNPJ ativos .....	69
Figura 9 –	Composição da amostra por localidade .....	70
Figura 10 –	Scores obtidos no SDEA® .....	74
Figura 11 –	Fronteira de eficiência das PME do APL de Gesso pernambucano .....	76
Figura 12 –	Fronteira clássica BCC .....	77
Figura 13 –	Fronteira inversa .....	78
Figura 14 –	Relação de benchmark entre DMU .....	83
Figura 15 –	Processo de Lavra e Calcinação de Gipsita .....	114
Figura 16 –	Operações executadas na mineração .....	114
Figura 17 –	Operações executadas na calcinadora .....	115
Figura 18 –	Lambdas ( $\lambda$ ) gerados pelo SDEA® .....	117

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 –	Proposta de Indicadores para as PME do APL de Gesso .....	60
Quadro 2 –	Inputs e Outputs considerados para o modelo DEA .....	71

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Ranking de DMU por Score .....	75
Tabela 2 –	Scores para eficiência invertida .....	77
Tabela 3 –	Eficiência clássica, invertida, composta e composta normalizada .....	78
Tabela 4 –	Características de operação das DMU eficientes .....	80
Tabela 5 –	Intervalo de dados para cada parâmetro .....	116
Tabela 6 –	Dados de Área territorial e população da Região do Araripe – PE .....	118
Tabela 7 –	Taxas médias anuais de variação da população e densidade demográfica (% a.a.) .....	118
Tabela 8 –	População acima de 18 anos com ensino médio completo e acima de 25 anos com superior completo (%) .....	120
Tabela 9 –	Produção bruta de minério em PE – 2017 .....	121
Tabela 10 –	Quantidade e valor da produção mineral em PE .....	122
Tabela 11 –	Consumo Anual de Insumos Energéticos .....	123

## LISTA DE SIGLAS

ABNT	ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS
AHP	ANALYTIC HIERARCHY PROCESS
ANM	AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO
APEX	AGÊNCIA BRASILEIRA DE PROMOÇÃO DE EXPORTAÇÕES E INVESTIMENTOS
APL	ARRANJO PRODUTIVO LOCAL
BPF	BAIXO PODER DE FUSÃO
BNB	BANCO DO NORDESTE
CAPES	COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR
CEMIG	COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS
CETEM	CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL
CNPJ	CADASTRO NACIONAL DA PESSOA JURÍDICA
CO <sub>2</sub>	DIÓXIDO DE CARBONO
CODEVASF	COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DOS VALES DO SÃO FRANCISCO E DO PARNAÍBA
CRS	CONSTANT RETURNS TO SCALE
DEA	DATA ENVELOPMENT ANALYSIS
DMU	DECISION MAKING UNITS
DNPM	DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL
EMBRAPA	EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA
ETENE	ESCRITÓRIO TÉCNICO DE ESTUDOS ECONÔMICOS DO NORDESTE
FAPEMIG	FUNDAÇÃO DE AMPARO À PESQUISA DO ESTADO DE MINAS GERAIS
FIEPE	FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DE PERNAMBUCO
GN	GÁS NATURAL
GLP	GÁS LIQUEFEITO DE PETRÓLEO
IBAMA	INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS
IBGE	INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA
INP	INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIA

IPA	INSTITUTO AGRONÔMICO DE PERNAMBUCO
ITEP	INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE PERNAMBUCO
JUCEPE	JUNTA COMERCIAL DE PERNAMBUCO
KPI	KEY PERFORMANCE INDICATOR
KWH	QUILOWATT-HORA
MCTI	MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES
MDA	MINISTÉRIO DE DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO
MDIC	MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR
MEI	MICROEMPREENDEDOR INDIVIDUAL
MMA	MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE
MME	MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
MWH	MEGAWATT-HORA
NESP	NÚCLEO DE PESQUISA EM EFICIÊNCIA, SUSTENTABILIDADE E PRODUTIVIDADE
NIORDC	NATIONAL IRANIAN OIL REFINING AND DISTRIBUTION COMPANY
OEE	OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS
PCP	PLANEJAMENTO E CONTROLE DE PRODUÇÃO
PE	PERNAMBUCO
PME	PEQUENAS E MÉDIAS EMPRESAS
PO	PESQUISA OPERACIONAL
PPL	PROBLEMA DE PROGRAMAÇÃO LINEAR
PSM	PROCUREMENT AND SUPPLY MANAGEMENT
P&D	PESQUISA E DESENVOLVIMENTO
ROM	RUN OF MINE
SDEA	SOFTWARE FOR DATA ENVELOPMENT ANALYSIS
SEBRAE	SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS
SECTMA	SECRETARIA DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E MEIO AMBIENTE DE PERNAMBUCO
SEFAZ	SECRETARIA DA FAZENDA
SGA	SISTEMA DE GESTÃO AMBIENTAL

SGM	SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
SI	SISTEMAS DE INFORMAÇÃO
SINDUSGESSO	SINDICATO DA INDÚSTRIA DO GESSO DO ESTADO DE PERNAMBUCO
SPELL	SCIENTIFIC PERIODICALS ELECTRONIC LIBRARY
TEP	TONELADA EQUIVALENTE DE PETRÓLEO
TI	TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO
UFMG	UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
UFPE	UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
UFRPE	UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
UNIVASF	UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO
VRS	VARIABLE RETURNS TO SCALE

## LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 –	Modelo CCR .....	42
Equação 2 –	Modelo BCC .....	43
Equação 3 –	Modelo BCC orientado a input .....	43
Equação 4 –	Função objetivo .....	73
Equação 5 –	Programação linear - I .....	73
Equação 6 –	Programação linear - II .....	73
Equação 7 –	Restrição de normalização .....	73
Equação 8 –	Restrição de não--negatividade .....	74

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>18</b>
<b>1.1</b>	<b>Justificativa e relevância do trabalho.....</b>	<b>20</b>
<b>1.2</b>	<b>Objetivos do trabalho.....</b>	<b>21</b>
<b>1.3</b>	<b>Estrutura do trabalho.....</b>	<b>22</b>
<b>2</b>	<b>ABORDAGEM TEÓRICA.....</b>	<b>23</b>
<b>2.1</b>	<b>Mineração, Gipsita e o Arranjo Produtivo Local (APL) do Gesso em Pernambuco.....</b>	<b>23</b>
2.1.1	Aspectos Gerenciais das PME do APL de Gesso de Pernambuco.....	27
<b>2.2</b>	<b>Gestão Estratégica.....</b>	<b>31</b>
<b>2.3</b>	<b>Balanced Scorecard – BSC.....</b>	<b>33</b>
2.3.1	O BSC como ferramenta de apoio à gestão estratégica em PME.....	38
<b>2.4</b>	<b>Análise Envolvória de Dados (Data Envelopment Analysis – DEA).....</b>	<b>39</b>
2.4.1	Modelos DEA.....	41
2.4.2	Representação gráfica entre os modelos CCR e BCC.....	45
2.4.3	Aplicações do DEA em contextos organizacionais.....	48
2.4.4	Contribuições da integração do DEA com o BSC para PME.....	51
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>54</b>
<b>3.1</b>	<b>Fase 1.....</b>	<b>54</b>
3.1.1	Definição de base de dados para coleta de referências bibliográficas.....	54
3.1.2	Definição dos critérios de seleção da literatura.....	55
3.1.3	Análise da literatura selecionada.....	55
3.1.4	Seleção dos indicadores de desempenho.....	55
3.1.5	Apresentação da proposta dos indicadores adequados.....	56
<b>3.2</b>	<b>Fase 2.....</b>	<b>56</b>
3.2.1	Elaboração do questionário.....	56
3.2.2	Definição e escolha dos potenciais DMU para análise.....	57
3.2.3	Coleta de dados referente a análise de eficiência dos indicadores de desempenho.....	57
3.2.4	Aplicação da modelo DEA.....	57
3.2.5	Análise dos resultados.....	58
<b>4</b>	<b>IDENTIFICAÇÃO DE INDICADORES DE DESEMPENHO PARA PME DO APL DE GESSO DE PERNAMBUCO.....</b>	<b>59</b>

<b>4.1</b>	<b>Análise de documentos e seleção da literatura relevante.....</b>	<b>59</b>
<b>4.2</b>	<b>Análise sobre a Revisão da Literatura.....</b>	<b>62</b>
4.2.1	Indicadores para a Perspectiva Financeira.....	62
4.2.2	Indicadores para a Perspectiva dos Processos Internos.....	62
4.2.3	Indicadores para a Perspectiva dos Clientes.....	64
4.2.4	Indicadores para a Perspectiva do Aprendizado e Crescimento.....	64
<b>4.3</b>	<b>Considerações do Capítulo.....</b>	<b>65</b>
<b>5</b>	<b>ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS NO CONTEXTO DO APL DO GESSO EM PERNAMBUCO.....</b>	<b>68</b>
<b>5.1</b>	<b>Considerações sobre a amostra.....</b>	<b>68</b>
<b>5.2</b>	<b>Definição dos inputs e outputs.....</b>	<b>70</b>
<b>5.3</b>	<b>O software SDEA® .....</b>	<b>73</b>
<b>5.4</b>	<b>Aplicação do Modelo DEA-BCC.....</b>	<b>73</b>
<b>5.5</b>	<b>Análise dos Resultados Obtidos.....</b>	<b>79</b>
<b>5.6</b>	<b>Considerações do Capítulo.....</b>	<b>82</b>
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>85</b>
<b>6.1</b>	<b>Limitações e Trabalho Futuros.....</b>	<b>87</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>89</b>
	<b>APÊNDICE A - QUESTIONÁRIO.....</b>	<b>112</b>
	<b>APÊNDICE B – PROCESSO GERAL DE MINERAÇÃO E CALCINAÇÃO DE GIPSITA.....</b>	<b>114</b>
	<b>APÊNDICE C – INTERVALO DE VALORES DOS PARÂMETROS.....</b>	<b>116</b>
	<b>APÊNDICE D – LAMBDA (λ) GERADOS.....</b>	<b>117</b>
	<b>ANEXO A – DADOS DE TERRITÓRIO DO ARARIPE – PE.....</b>	<b>118</b>
	<b>ANEXO B – INDICADORES SOCIAIS DO ARARIPE – PE.....</b>	<b>120</b>
	<b>ANEXO C – PRODUÇÃO BRUTA DE MINÉRIO EM PERNAMBUCO....</b>	<b>121</b>
	<b>ANEXO D – PRODUÇÃO MINERAL COMERCIALIZADA NO ESTADO DE PERNAMBUCO.....</b>	<b>122</b>
	<b>ANEXO E – INSUMOS ENERGÉTICOS DA REGIÃO DO ARARIPE - PE.....</b>	<b>123</b>

# 1 INTRODUÇÃO

Uma das principais preocupações das empresas modernas concentra-se na aquisição de informações, ferramentas e estratégias que conduzam as organizações a obterem contextos favoráveis para a sobrevivência de seus negócios, no mercado competitivo (WEISSENBERGER-EIBL et al., 2019; SANTOS; SILVA, 2019). Em geral, os requisitos para essa sobrevivência incentivam que as organizações invistam em recursos que contribuam para o desenvolvimento econômico, ambiental e social do negócio, considerando suas variáveis relacionadas (BASUONY, 2014). Nesse cenário, é importante enfatizar o papel das Pequenas e Médias Empresas (PME) no que diz respeito a estabilização da economia, bem como o papel estratégico que os administradores desses negócios desempenham na gestão contemporânea.

Tal fato é particularmente explícito no caso de economias em desenvolvimento, como a brasileira, que são naturalmente mais vulneráveis que as economias avançadas (BATTISTI; PERRY, 2011; KOLBARI, 2019). No entanto, deve-se lembrar que, para os executivos das PME, os processos de gestão podem ser complexos, muitas vezes, devido a dinâmica e incerteza do ambiente de negócios (MELNYK et al., 2017).

No caso das PME, a sobrevivência do mercado é um aspecto relevante que requer atenções específicas quanto ao custo envolvido, a tecnologia disponível, a qualificação da mão de obra, as particularidades dos processos internos, os riscos assumidos (financeiros e não financeiros), o relacionamento entre os variados *stakeholders* envolvidos nos negócios, dentre outras limitações (MADSEN, 2015; MIKUŠOVÁ, 2017). No entanto, essas limitações evidenciam oportunidades para o desenvolvimento de soluções de gestão adequadas ao cenário das PME, conforme apontam Apak e Atay (2014).

As PME podem contribuir para a economia com a geração de novos empregos, e podem ser vistas como uma fonte de inovação, sendo responsável por fomentar a produtividade (FALKNER; HIEBL, 2015; BELÁS et al., 2018), o que é muito importante para países de todo o mundo. No Brasil, a grande parcela das empresas é registrada nessa categoria, e estão presentes nos mais variados setores de produção do mercado. As PME representam, no país, 99,1% do total registrado, segundo a Agência Brasil (2019) com dados do Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE). Esse montante compreende mais de 12 milhões de negócios, sendo 8,3 milhões enquadrados como Microempreendedores Individuais (MEI) (AGÊNCIA BRASIL, 2019).

São diversos os segmentos de atuação dessas empresas no Brasil, desde saúde, serviços, manufatura e outros mais. Nesse cenário, no setor de mineração há empresas de todos os portes em atuação, atendendo a crescente demanda do mercado por minérios (AZNAR-SÁNCHEZ et al., 2018). Em destaque, a atividade de exploração mineral da gipsita, a principal matéria prima para o gesso, apresenta particularidades de impactos empresarial e socioeconômico significativos para o mercado brasileiro (DORIN et al., 2014).

No Brasil, o setor mineral é identificado como contribuinte na parcela de geração de recursos, geração de empregos e absorção de mão de obra, por meio, sobretudo, das relações comerciais que envolvem as atividades de extração, calcinação e manufatura de artefatos de gipsita (FIEPE, 2017). O Arranjo Produtivo Local (APL) de Gesso, localizado no extremo oeste do Estado de Pernambuco, recebe destaque pelo volume e pela qualidade de produção, que atende 95% da demanda nacional (ITEP, 2019), sendo considerado o de melhor qualidade no Brasil, de acordo com o Ministério de Minas e Energia (MME) (BRASIL, 2017).

Nesse cenário, apesar do potencial de extração da gipsita e processamento do minério para fabricação do gesso, demonstrado pelas estatísticas de órgãos oficiais e por publicações técnico-científicas na área (ITEP, 2017; BRASIL, 2017), há ainda uma dificuldade de nivelamento do desempenho operacional e gerencial das empresas da região do APL de Gesso pernambucano. Isto implica que estimar e/ou avaliar o desempenho dessas empresas são atos de julgamento sobre várias atividades na cadeia de valor de uma organização.

Contudo, essa dificuldade de avaliar o nivelamento das empresas pode ser tratada pela análise de eficiência de desempenho, baseada em indicadores comuns. A representação de perspectivas para esse tipo de análise pode ser conduzida, portanto, pelo auxílio de ferramentas de gestão como o *Balanced Scorecard* (BSC) (KAPLAN; NORTON, 1996). O BSC é uma ferramenta que considera aspectos financeiros e não financeiros para elencar indicadores úteis a medição do desempenho de uma organização. Essa ferramenta é capaz de vincular as operações diárias de uma organização a seus objetivos estratégicos de longo prazo, resultando em uma ferramenta de controle estratégico por excelência, baseado no aumento da competitividade e da produtividade (RAPERT et al., 2002; GIANNOPOULOS et al., 2013).

Em análises comuns, a medição do pilar financeiro descreve apenas a posição financeira e não o uso dos recursos limitados da empresa (entrada) em direção à saída dos processos. Por essa oportunidade, o BSC consiste em um *framework* com quatro perspectivas: (i) perspectiva financeira; (ii) perspectiva do cliente; (iii) perspectiva dos processos internos; e (iv) perspectiva do aprendizado e crescimento (KAPLAN; NORTON, 1992), nas quais várias métricas podem ser avaliadas (PURWANTO et al., 2014; SUSANTY et al., 2015). Contudo, a utilização do

BSC, isoladamente, apresenta algumas limitações no que diz respeito a comparação do desempenho da empresa. Dessa forma, é oportuno o levantamento bibliográfico dos indicadores adequados ao estudo (AHN, 2001; HUANG et al., 2014).

Segundo Shafiee et al. (2014) apenas o emprego do BSC para avaliar desempenhos organizacionais não é suficiente, pois ele não aborda, de forma estruturada, a subjetividade dos gestores. Dessa forma, é adequado que seja proposta sua integração com outro método de avaliação para se obter um resultado mais concreto, pautando-se em análises estruturadas em dados numéricos e interação matemática, inclusive. Para esse caso, a Análise Envoltória de Dados (do inglês, *Data Envelopment Analysis - DEA*) (CHARNES et al., 1978), é uma técnica, baseada no modelo de programação matemática e não paramétrica que permite os gestores julgarem a eficiência de um sistema, pela relação de entradas e saídas de recursos. Em adição, a DEA pode medir a capacidade operacional de uma unidade tomadora de decisão (DMU) e evitar desperdício de insumos, produzindo um nível de produção por um menor custo, a partir da possibilidade de combinar insumos e produtos em proporções melhoradas (CULLINANE et al., 2006; STAVAREK; REPKOVA, 2012).

Entende-se que o BSC e a técnica DEA são complementares entre si, conforme apontam Chiang e Lin (2009). O BSC pode fornecer resultados apropriados sobre o desempenho de unidades para o DEA. Esses resultados configuram-se nos indicadores categorizadas pelas perspectivas do *framework*. Por outro lado, a DEA pode definir *benchmarking* para empresas com base em suas entradas e saídas, bem como transformar medidas de desempenho em informações gerenciais. Isto significa que, conseqüentemente, a integração entre o BSC e a DEA pode traduzir os índices de desempenho apropriados em implicações gerenciais.

Apesar das particularidades estruturais e de processos das empresas do APL de Gesso, há estimativas de incorporação de perspectivas estratégias de gestão sobre seus processos produtivos a fim de responder sobre a eficiência do sistema de produção e apontar possibilidades de melhoria em termos de efetividade, qualidade e desempenho (FERNANDES, 2018; SANTOS, 2018). Para tal, o uso do BSC e da DEA nos estudos sobre o desempenho operacional de organizações é pertinente, em especial para contextos de Pequenas e Médias Empresas.

## **1.1 Justificativa e relevância do trabalho**

As contribuições do BSC para PME favorecem melhores desempenhos financeiro e operacional a longo prazo para essas empresas, dependendo do estágio de desenvolvimento em que se encontram no mercado (MALAGUEÑO et al., 2018). No entanto, diferentemente do

contexto de empresas de grande porte, a implementação do BSC para PME deve atentar para as características estruturais destas, exigindo altos níveis de atenção gerencial e engajamento dos funcionários e a compreensão de que os ganhos tangíveis não são obtidos imediatamente (LAM et al., 2001; YIANNAKI, 2015). Desta forma, para o sucesso da implementação do BSC, é oportuna a apresentação de indicadores de desempenho capazes de refletir as perspectivas gerenciais das PME.

Isto posto, por meio da abordagem do BSC na qual pressupõe relação causal de indicadores de desempenho, pode-se integrá-la com a DEA, que mede a eficiência das organizações com base nesses indicadores de entrada e saída. A relevância da utilização da DEA nesse cenário, está na oportunidade de incluir uma metodologia de mensuração quantitativa dos indicadores abordados pelo BSC, uma vez que este não contempla as diretrizes para esse tipo de avaliação. Contudo, existem algumas abordagens que podem ser empregadas nesse sentido, a DEA promove um estudo sobre o nível de eficiência relativo entre as diversas organizações estudadas, o que enriquece a avaliação por parte dos gestores. Portanto, a utilização do DEA neste trabalho deve-se à sua sólida base matemática, sendo uma das técnicas quantitativas indicadas na medição de desempenho das empresas.

A proposta metodológica da DEA foi, originalmente, apresentada por Charnes et al. (1978) e é um método de análise de sistema baseado na eficiência relativa. Nesse caso, o método de avaliação é não paramétrico, sendo o problema de avaliação da eficiência feito com base em entradas e saídas múltiplas. Trata-se de uma ferramenta amplamente utilizada em muitos campos, como Economia, Matemática e Pesquisa Operacional (PO) (ISMAIL; SULAIMAN, 2007; PATARI et al., 2010; WEN et al., 2010; SHWARTZ et al., 2016).

Esse trabalho é justificado pela necessidade clara de se ter estudos teórico-práticos que apoiem a gestão das PME do APL do Gesso em Pernambuco. Esse será um estudo pioneiro em que o principal intuito é comparar a eficiência de empresas atuantes do APL pernambucano. Na literatura disposta sobre a região, pouco se tem sobre estudos realizados nas áreas de gestão em geral, o que reforça a carência de desenvolver metodologias condizentes com a realidade local, de modo que os gestores tenham como forma de suporte à administração das operações no APL estudado.

## **1.2 Objetivos do trabalho**

O objetivo geral desta pesquisa é avaliar o desempenho operacional e gerencial das Pequenas e Médias Empresas (PME) atuantes no APL do Gesso em Pernambuco através da

integração das perspectivas do *Balanced Scorecard* (BSC) e da Análise Envoltória de Dados (*Data Envelopment Analysis* - DEA).

Como objetivos específicos, tem-se:

- Realizar levantamento bibliográfico de indicadores de desempenho adequados para as PME do APL de Gesso pernambucano;
- Realizar o enquadramento dos indicadores de desempenho nas perspectivas do *Balanced Scorecard* (BSC);
- Definir amostra de PME do APL estudado e coletar dados de avaliação referente aos indicadores de desempenho considerados;
- Selecionar modelo DEA apropriado ao contexto das operações das empresas do APL de gesso pernambucano;
- Aplicar o modelo DEA BCC-*input* para analisar a eficiência das PME estudadas quanto a seus desempenhos operacionais e gerenciais;
- Realizar análise comparativa para obter um diagnóstico geral sobre os desempenhos operacionais e gerenciais das PME do APL de Gesso estudado.

### **1.3 Estrutura do trabalho**

O presente trabalho está organizado em cinco capítulos. A princípio, no Capítulo 1 foram apresentadas a justificativa e a contextualização do tema, além do objetivo geral e objetivos específicos. No Capítulo 2 tem-se a abordagem teórica, onde foram explanados os conceitos que embasam a pesquisa, por meio de uma revisão da literatura. Nessa seção são retratadas discussões teóricas sobre temas atrelados à pesquisa, tais como produção de Gesso no APL em Pernambuco, Gestão Estratégica, BSC e DEA.

No Capítulo 3 tem-se a Metodologia, uma seção subdividida em Fase 1 e Fase 2 com a descrição detalhada das etapas desenvolvidas para alcançar os resultados necessários ao cumprimento dos objetivos propostos. No Capítulo 4, apresenta-se a revisão da literatura que deu origem a lista de indicadores de desempenho atrelados ao setor de mineração.

No Capítulo 5, são mostrados os resultados obtidos e a análise dos mesmos, por meio da DEA. Enquanto que, no Capítulo 6, tem-se as considerações finais, onde são apresentados os fatos encontrados e uma análise crítica dos mesmos, além das limitações do trabalho e sugestões para pesquisas futuras.

## 2 ABORDAGEM TEÓRICA

Nesta seção, serão apresentados os conceitos primordiais acerca de temas atrelados à pesquisa, como a produção de gesso em Pernambuco e os aspectos gerenciais das empresas do APL no Estado, definições sobre gestão estratégica, discussão teórica do *framework* do *Balanced Scorecard* (BSC) e ainda conceitos do método *Data Envelopment Analysis* – DEA e seus modelos.

### 2.1 Mineração, Gipsita e o Arranjo Produtivo Local (APL) do Gesso em Pernambuco

A atividade de mineração compreende a prática direcionada à extração de minerais. O setor se expandiu com o passar do tempo. As quantidades crescentes de combustíveis fósseis (como, por exemplo, o carvão) e metais (como o ferro) foram extraídos em quantidades compatíveis com a mão de obra disponível. Com os desenvolvimentos tecnológicos, especialmente com explosivos e máquinas, a mineração pôde se expandir desde o Século 19 (VAN VUUREN et al., 2010; PONCE; MCCLINTOCK, 2014; GUMEDE, 2018).

A mineração não é uma operação realizada de forma isolada. É precedida por investigações geológicas que localizam o depósito e são feitas análises econômicas que provam sua viabilidade financeira. Após a extração do combustível e/ou mineral ou minério metálico, o material da mina é geralmente tratado. Essa preparação ou beneficiamento do mineral em um produto de alta qualidade é denominada processamento mineral e os produtos minerais assim produzidos podem sofrer novos subprocessos de conversão, ou refino, para fornecer produtos de consumo para ramos empresariais diversos (ADENIYI et al., 2013; PORTER, 2014; LOSFELD et al., 2015). A sequência de etapas do processo de Lavra (mineração), assim como de calcinação do minério, pode ser visualizada no APÊNDICE B – PROCESSO GERAL DE MINERAÇÃO E CALCINAÇÃO DE GIPSITA.

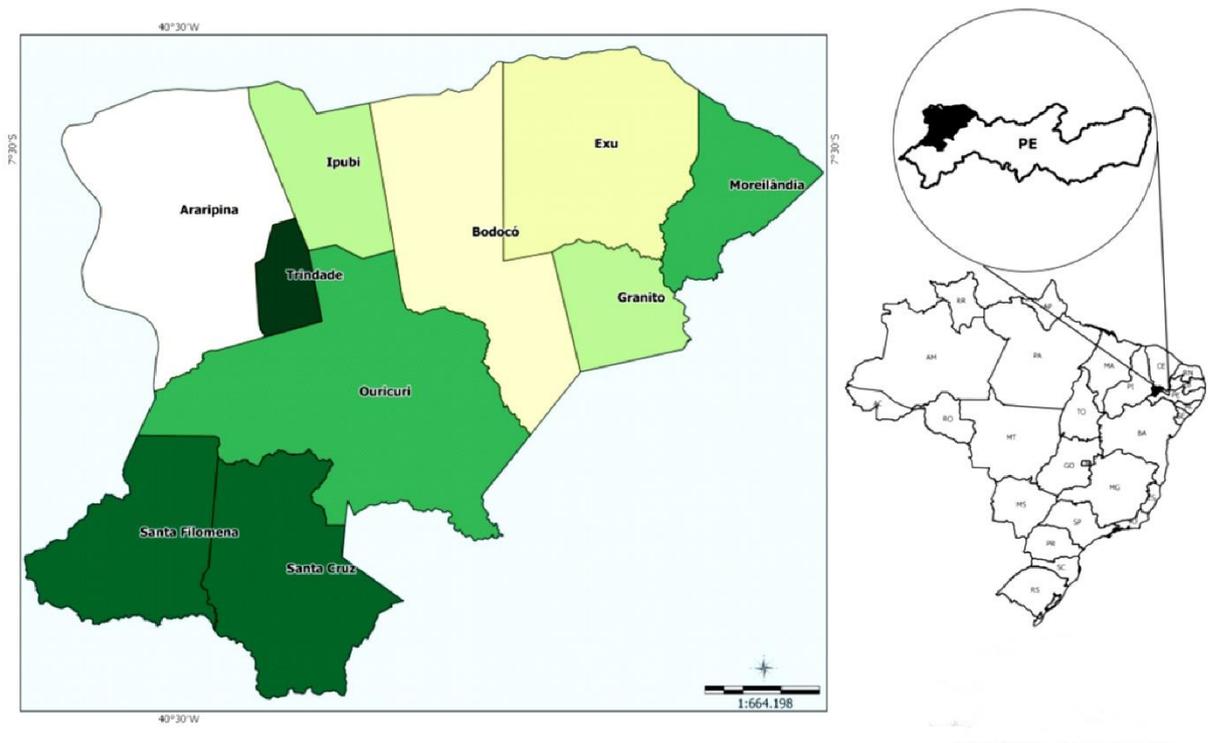
Nesse contexto, a prática de mineração, em geral, está entre as atividades humanas com os maiores impactos ambientais e sociais. Nesse sentido, o setor de mineração e suas indústrias possuem papel estratégico no fornecimento de muitas das matérias primas para os diversos setores da economia (SINGH; MIDDENDORF, 2007; FERNANDEZ-LOZANO et al., 2015). Um dos minérios que é extraído em diversos países é a Gipsita.

A Gipsita (Sulfato de Cálcio di-hidratado,  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) é um mineral presente na natureza em abundância, com jazidas exploráveis em muitos países (OSSORIO et al., 2014; CARVALHO, 2017). Dentre os maiores produtores do mineral, a China destaca-se com mais

de 30% do total produzido no mundo. Na América do Sul, o Brasil é identificado como o maior produtor, estabilizando-se como um dos 15 maiores do mundo, segundo dados do Ministério de Minas e Energia (MME) (BRASIL, 2018; GERALDO et al., 2017).

No território brasileiro, as empresas exploradoras de Gipsita estão concentradas nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste. Contudo, as jazidas que apresentam melhores condições de aproveitamento econômico e consideradas como maior depósito lavrável estão contidas na Bacia Sedimentar do Araripe, na divisa dos Estados de Pernambuco, Ceará e Piauí. Em Pernambuco, as empresas atuantes neste setor formam o Arranjo Produtivo Local (APL) de Gesso, em que indústrias extratoras/mineradoras, indústrias de calcinação, e indústrias manufatureiras de artefatos produzidos com gesso, concentram-se geograficamente no extremo oeste do Estado (ARAÚJO; MARTINS, 2012), como destacado e ilustrado pela Figura 1, elaborada pelo Ministério de Desenvolvimento Agrário (MDA).

*Figura 1 - Região do Araripe em Pernambuco*



*Fonte: Brasil, 2015.*

A extração e a calcinação de Gipsita são atividades que apresentam grande destaque, sobretudo pelo fato de o Brasil possuir, em seu território, reservas abundantes desse minério, das quais cerca de 230 milhões de toneladas são consideradas aptas para lavra (LYRA SOBRINHO et al., 2011). De acordo com o Centro de Tecnologia Mineral (CETEM) e do ITEP (2019), o APL de Gesso de Pernambuco concentra o maior conjunto de jazidas de Gipsita em

exploração no país, destacando-se como fornecedor de aproximadamente 95% do gesso demandado pelo mercado nacional, detendo 1.800.000 toneladas/ano em média (BALTAR; FREITAS, 2012; GONÇALVES; FERRAZ, 2014; BRASIL, 2015; ITEP, 2019). Outros estados produtores são o Maranhão (1,5%); Ceará (0,8) e Tocantins (0,7%), segundo a Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral (SGM), do Ministério de Minas e Energia (MME) (BRASIL, 2018).

Segundo o levantamento feito pelo Sindicato das Indústrias de Gesso do Estado de Pernambuco (SINDUSGESSO), o APL de Gesso gera em torno 13,9 mil empregos diretos e aproximadamente 69 mil indiretos, resultado da atuação de 42 minas de Gipsita, 174 indústrias que realizam o processo de calcinação e uma estimativa de 750 indústrias de artefatos pré-moldados, que juntas apresentam faturamento anual na ordem de R\$ 1,4 bilhões/ano (SINDUSGESSO, 2019). Alguns outros dados sobre a localidade podem ser visualizados no ANEXO A (DADOS DE TERRITÓRIO E DEMOGRAFIA) e no ANEXO B (INDICADORES SOCIAIS DO ARARIPE – PE).

As principais características que elevam o APL de Gesso de Pernambuco como o principal centro produtor de Gipsita do país, além da concentração do número de reservas do mineral, são a excelente qualidade do mineral, que apresenta 95% de pureza em média, as condições favoráveis para a lavra e a boa localização, referência ao extremo oeste do Estado (BALTAR; FREITAS, 2012; FERRAZ et al., 2014). Em maioria, as empresas que formam esse APL são PME que apresentam um alto volume de produção, sendo um dos setores fornecedores para as indústrias de construção civil, arquitetura, agricultura, ortopedia, odontologia, dentre outras. A Gipsita é um dos minerais mais produzidos e comercializados no Estado, conforme pode ser visto no ANEXO C – Produção bruta de minério em Pernambuco e no ANEXO D - produção mineral comercializada no Estado de Pernambuco.

No entanto, as PME mantêm estruturas organizacionais centralizadas, muitas vezes conduzidas por contratos de trabalhos informais, e limitações financeiras e não financeiras que impactam no processo de gerenciamento de recursos em perspectivas estratégicas. O gesso, derivado da Gipsita (Figura 2), é um material importante na construção civil, amplamente utilizado em pastas e argamassas, bem como na produção de componentes, como placas de gesso e blocos de alvenaria (MAGALLANES-RIVERA et al., 2012). Sua qualidade, de acordo com Lewry e Williamson (1994) e Luz et al. (2001) está atrelada, em parte, à qualidade do minério e do processo de calcinação (um processo seco a temperaturas que variam de 125 ° C a 160 ° C).

*Figura 2 - Minério de Gipsita extraído*



*Fonte: Dados da pesquisa (2019)*

Nesse aspecto, uma das principais características que destacam a exploração da Gipsita no APL citado é o alto nível de qualidade da composição química da matéria prima, com teor de pureza entre 80% e 95% quando comparada com o mineral em outras localidades do mundo (BALTAR et al., 2005; GARTNER, 2009). Ademais, as empresas devem atentar para as normas de produção estipuladas, como por exemplo, de forma a tornar a granulometria do minério adequada quanto à sua finalidade, especificada pela norma NBR 12127:2017 da ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.

Contudo, Barbosa et al. (2014) apontam que, embora o minério tenha alta qualidade comprovada tecnicamente e também seja abundante na região, os processos de fabricação ainda apresentam defasagem quanto a exploração das propriedades técnicas do material, somando-se ao fato do produto final possuir um valor agregado relativamente baixo. Essas considerações demandam atenções aos aspectos gerenciais das PME atuantes no setor quando preocupadas com a sobrevivência dos negócios no mercado competitivo.

### 2.1.1 Aspectos Gerenciais das PME do APL de Gesso de Pernambuco

Evidenciando o desempenho das PME, é inevitável considerar problemas relacionados com os custos operacionais, que afetam significativamente as operações locais. O frete referente ao transporte da gipsita e do gesso, por exemplo, é um dos grandes gargalos enfrentados pelas indústrias do Araripe que limita a competitividade tanto diante do mercado nacional, quanto do internacional (FIEPE, 2017).

Ainda em relação aos custos, itens como o consumo de combustível, quantidade de fornos para calcinação e número de colaboradores são, por exemplo, considerados no cálculo do custo total de produção do gesso em pó. Segundo o Ministério do Meio Ambiente (MMA), são utilizados no referido APL, aproximadamente, 3% de energia elétrica, 5% de óleo diesel, 8% de óleo BPF (Baixo Poder de Fusão), 10% de coque (subproduto derivado do carvão mineral) e 73% de lenha, ressaltando que as indústrias de pequeno porte usam, exclusivamente, a lenha como fonte energética, o que representa um dos custos de maior relevância para essas empresas (BRASIL, 2016). A distribuição e emprego dessas fontes energéticas pode ser consultada no ANEXO E - Indicadores de insumos energéticos da Região do Araripe – PE.

De acordo com o Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA) e do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM, 2012), uma das crescentes demandas do APL é por fontes energéticas mais eficientes e, conseqüentemente, que possam reduzir os custos operacionais. Em adição, Araújo e Martins (2012) destacam problemas relacionados às operações internas das empresas: “As condições de operação das minas e de algumas calcinadoras ainda são precárias, sendo responsáveis por graves problemas de segurança e higiene do trabalho, além dos impactos ambientais”. Esse apontamento indica uma perspectiva de emprego de indicador de desempenho que possa avaliar a segurança do trabalhador, a sustentabilidade das operações e os respectivos impactos no meio ambiente ou ações para mitigá-los.

Em outra análise, Cândido et al. (2018) consideram a oportunidade de desenvolver melhor a integração entre as organizações do APL e a rede de relacionamentos da cadeia de suprimentos. Para os pesquisadores, a integração da cadeia de suprimentos é primordial para o processo de obtenção de vantagem competitiva. Contudo, as especificidades do APL e as características sociais, econômicas, políticas e organizacionais inerentes aos atores atuantes no mesmo, precisam ser melhor analisados. Portanto, recomenda-se, com base nessa informação, indicadores que envolvam aspectos da cadeia de suprimentos e ainda da relação das empresas com seus clientes.

Sousa et al. (2018) apontam uma demanda recente apresentada pelo APL, a internacionalização. Os autores consideram o fato de que as empresas que ali operam apresentam grande potencial de produção. Em 2016, por exemplo, foi lançado o Projeto Setorial do Gesso pelo Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC) e pela Agência Brasileira de Promoção de Exportações e Investimentos (APEX). Com a meta de exportar US\$ 350 mil em 2016 e chegar a US\$ 500 mil em 2017, o projeto busca impulsionar um setor que emprega diretamente 13,8 mil pessoas e quase 70 mil indiretamente (BRASIL, 2016).

No entanto, a expansão dos negócios, mesmo sendo uma estratégia importante para manter a sustentabilidade do setor, demanda mudanças nas estruturas internas dos processos. Nesse sentido, indicadores que abrangem a performance das operações internas são úteis para avaliação estratégica. Como incentivo, observam-se as limitações das PME que atuam no APL como potenciais de obtenção de aprendizado e posterior crescimento. Assim, aspectos como a estruturação das operações internas, redução de desperdícios e inovação devem ser vistas como oportunidades (ARRUDA; SILVA FILHO, 2018; GOMES, 2006; LYRA SOBRINHO, 2002; FERNANDES, 2018; SANTOS, 2018).

A contextualização e as principais preocupações gerenciais das PME do APL de Gesso concentram atenções para a definição de indicadores de desempenho que respondam satisfatoriamente ao contexto e medidas estabelecidas para essas empresas. Essa oportunidade estimula a elaboração de uma revisão bibliográfica com o objetivo de encontrar potenciais indicadores adequados e validados na literatura, para que possam ser utilizados em diretrizes estratégicas nessas empresas.

Dantas et al. (2016) citam que grande parte do montante extraído por mineradoras no APL de Gesso de Pernambuco, é vendida sem processamento ou somente após o processamento básico (calcinação). Esse mineral quando submetido ao processo de calcinação, pode gerar Anidrita, um mineral composto de sulfato de cálcio ( $\text{CaSO}_4$ ), ou comumente chamado de hemidrato, de uso majoritário na construção civil, no setor de odontologia, na agricultura, na indústria química e outras mais variadas aplicações (BARBOSA et al., 2014). Entretanto, Baltar et al. (2006) salientam que o beneficiamento do minério de Gipsita, para posterior fabricação de gesso, tem variação conforme o tipo de produto final, a tecnologia empregada e a capacidade técnica/operacional da empresa.

Segundo informações do Instituto de Tecnologia de Pernambuco (ITEP), o Polo gesseiro do Araripe tem uma posição geográfica que pode ser um diferencial competitivo a ser melhor explorado, o que o torna especial em relação a diversos outros segmentos econômicos nacionais

(ITEP, 2019). Tal fato é fomentado pela cadeia produtiva ativa e caracterizada na região, não limitada apenas ao setor de mineração, mas incluindo setores diversos da economia que dinamizam a comercialização e distribuição dos produtos (e derivados) produzidos no Araripe (GRANJA et al., 2017).

Portanto, uma forma de promover o desenvolvimento econômico e social da região é a partir da identificação e melhoria das atividades que agregam a cadeia produtiva. Conseqüentemente, pode-se ter o desenvolvimento de produtos com maior qualidade e/ou métodos de processamento que agreguem valor e melhorem o potencial comercial do gesso extraído da região (DANTAS et al., 2016; FERNANDES, 2018). De acordo com estudos da Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente de Pernambuco (SECTMA), as empresas do APL de Gesso têm condições favoráveis de expansão de suas atividades extrativistas e produtivas, consolidadas pela qualidade e competitividade das reservas de Gipsita existentes (PERNAMBUCO, 2007).

Do ponto de vista da sustentabilidade das operações locais, diversos esforços são feitos para garantir que a extração de Gipsita e, conseqüentemente, a produção de Gesso, possa desenvolver-se de modo ecologicamente correto, atendendo a diretrizes das políticas públicas acerca do tema. Com foco no desenvolvimento regional e nacional, muitas ações podem ser exemplificadas, tais como o programa “Pernambuco Verde” da Secretaria de Ciência Tecnologia e Meio Ambiente (SECTMA), o Projeto Mata Nativa do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), o módulo de experimentação florestal desenvolvido pelo Departamento de Ciência Florestal da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), unidades experimentais com florestas de rápido crescimento supervisionadas pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), além de projetos de apoio à implantação do programa de desenvolvimento florestal sustentável da região, por meio do convênio da Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (CODEVASF) com o Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA).

As oportunidades de desenvolvimento dos negócios no setor são variadas, em especial quanto a investimentos em soluções de fontes energéticas sustentáveis como o Gás Natural (GN) ou o Gás Liquefeito de Petróleo (GLP) (EMBRAPA, 2007; OLIVEIRA; SHINOHARA, 2014), promoção de políticas públicas (COSTA, 2016), investimento no mercado internacional (SOUSA et al., 2018), maturidade do setor em relação ao estabelecimento de uma cadeia de atividades empresariais consolidada (ARRUDA; SILVA FILHO, 2018), dentre outras.

Para o SEBRAE-PE (2018), os empresários da cadeia produtiva gesseira percebem a necessidade de mostrar ao seu público-alvo fatores pouco conhecidos, mas que são responsáveis

pela alta utilização do gesso em outros países do mundo e com isso conquistar novos mercados. No entanto, para desenvolver essas oportunidades é recomendado que aspectos gerenciais que possam apresentar dificuldades no desenvolvimento dos negócios, sejam tratados e incorporem a perspectiva estratégica das empresas, em especial pelas particularidades das estruturas organizacionais existentes.

Dentre as dificuldades listadas pelas PME do APL de Gesso é possível considerar (ARAÚJO, 2013; ARRUDA; SILVA FILHO, 2018; GOMES, 2006; LYRA SOBRINHO, 2002; MEDEIROS et al., 2010; BARROS et al., 2010; FERNANDES; BARBOSA, 2011; ROLIM et al., 2014; SÁ et al., 2007; LEVINO et al., 2009; SINDUSGESSO, 2012; TONIOLO et al., 2005; VERGOLINO et al., 2006; SOUZA et al., 2013; OLIVEIRA; SHINOHARA, 2014; MELO et al., 2017; FERNANDES, 2018; CÂNDIDO et al., 2018; SANTOS, 2018; CIPRIANO et al., 2019):

- Uso de matrizes energéticas que degradam o ambiente;
- Melhoria na eficiência dos sistemas de comunicações para suporte à comercialização;
- Regularidade no fornecimento de insumos para os processos industriais de beneficiamento do minério;
- Ineficiência energética;
- Falta de Sistema de Gestão Ambiental (SGA);
- Atendimento a demanda dos clientes;
- Geração de resíduos;
- Ausência de Sistemas de Informação (SI) no gerenciamento das operações;
- Sustentabilidade das operações e produtos;
- Sistema de transporte ineficiente e custo do frete;
- Agregação de valor aos produtos e serviços locais;
- Qualificação de mão de obra;
- Deficiência em nível educacional da população;
- Políticas de *Marketing* deficientes.
- Defasagem tecnológica;
- Deficiência no Planejamento e Controle de Produção (PCP);
- Desperdícios de subprodutos;
- Ineficiência operacional;
- Ausência de indicadores chaves de desempenho referentes a produção (*Key Performance Indicator - KPI*), e;

- Deficiência na estruturação da vigilância à saúde do trabalhador.

As dificuldades listadas são, em maioria, relacionadas aos aspectos e prioridades gerenciais vivenciados pelas empresas do setor. Pelas restrições da estrutura de pequeno porte da maioria das empresas, a deficiência ou a ausência de informações que conduzam as estratégias de negócios a diretrizes de sobrevivência no mercado competitivo, são evidentes. Essas evidências, pontuadas pelos autores, são consideradas muitas vezes pela escassez de recursos e pela falta de ferramentas de apoio a gestão adequadas que possibilitem o entendimento das reais oportunidades de desenvolvimento no APL de Gesso.

A literatura apresenta variadas soluções de apoio gerencial aplicadas, com sucesso, ao contexto de grandes empresas, tendo em vista a facilidade de aquisição de recursos, mão de obra e tecnologias, se comparado com as pequenas empresas. Diante do sucesso dessas soluções, é oportuno adaptá-las para que possam oferecer benefícios gerenciais e estratégicos para as PME (WATTS; TORBERT, 2009; MALAGUEÑO et al., 2018).

## **2.2 Gestão Estratégica**

Em organizações modernas, uma das principais preocupações para a manutenção da sobrevivência dos negócios é o estabelecimento de metas e métricas que avaliem seu desempenho ao longo do tempo (LEIBLEIN et al., 2018). Essa preocupação é evidente pelo alto índice de competitividade do mercado, que impulsiona as empresas a adquirirem informação, fontes de investimento financeiro, mão de obra qualificada e melhoria dos processos internos, para responderem sobre as necessidades dos clientes (GARY et al., 2012; SUN et al., 2016). Esse contexto estimula a estruturação e a formalização dos planos de gestão estratégica nas organizações.

A gestão estratégica pode ser entendida como um conjunto de decisões em nível gerencial associada a ações direcionadas para viabilizar e/ou concretizar a vantagem competitiva, trazendo com isso um desempenho superior a longo prazo em comparação com outras organizações (POWELL, 2001; WHEELLEN; HUNGER, 2004). Além disso, na ótica de Stonehouse e Pemberton (2012) a gestão estratégica pode ser definida como uma agregação de teorias e estruturas, apoiadas por ferramentas e técnicas, projetadas para ajudar os gestores a pensar, planejar e agir estrategicamente.

Wright e Blettner (2013) afirmam que, é esperado que os gestores contemporâneos adotem ferramentas e metodologias de gestão para melhorar o processo de decisão. Nesse sentido, as ferramentas de apoio a gestão estratégica podem configurar-se em qualquer método,

modelo, técnica, tecnologia, estrutura, metodologia e/ou abordagem empregada para melhorar os aspectos gerenciais das organizações a partir do seu desempenho (STENFORS et al., 2007; POSEN et al., 2018).

Ademais, uma das formas de analisar o desempenho das operações é através de indicadores-chave, que ajudam as organizações a definirem e medirem o progresso de suas operações em direção aos objetivos organizacionais. A seleção apropriada desses indicadores é de suma importância. Na maior parte das vezes, o desempenho está associado ao volume de negócios executados pela empresa. Nessa direção, o framework do BSC mantém a mensuração financeira como um extrato do desempenho gerencial e de negócios, mas abarca um conjunto de medidas mais geral e integrado que vincula suas quatro perspectivas: perspectiva financeira, perspectivas de processos internos, perspectiva de clientes e a perspectiva de aprendizado e crescimento.

A aplicação do BSC é facilmente encontrada na literatura como uma ferramenta de resultados significativos para empresas de grande porte. No entanto, há incentivos para que essa abordagem seja adaptada às PME. Para isso, devem ser considerados indicadores adequados que atendam às particularidades desse contexto. Isso é possível devido a natureza flexível do BSC que permite sua adaptação para diversos segmentos de empresas, abrangendo indicadores quantitativos, bem como fatores qualitativos.

Para o presente estudo, selecionou-se o contexto das PME do APL de Gesso pernambucano. A literatura sobre empresas desse setor é relativamente escassa, mas alguns relatórios técnicos de órgãos como o Instituto de Tecnologia de Pernambuco (ITEP) e a Federação das Indústrias do Estado de Pernambuco (FIEPE), abordam características comuns dessas empresas, bem como evidenciam a importância da elaboração de estudos que colaborem com o desenvolvimento das empresas e da economia da região, em termos operacionais, gerenciais e/ou estratégicos.

Considerando os aspectos operacionais, gerenciais e/ou estratégicos, as PME do APL de Gesso pernambucano apresentam carência de instruções que incentivem a melhoria de suas estruturas organizacionais e as impulsionem para o alcance de vantagens competitivas. Essa carência pode ser justificada pela ineficiência, ou ausência, muitas vezes, de indicadores adequados que representem a essência do desempenho dessas empresas diante do mercado. Portanto, é relevante considerar aspectos que evidenciem as preocupações gerenciais em torno da definição desses indicadores.

Isto posto, o gerenciamento e o planejamento estratégico são traduzidos como a principal preocupação dos executivos, assim como da alta administração da empresa, cujos interesses

devem determinar a direção básica e o desenvolvimento futuro da organização a médio e longo prazo (HERVANI et al., 2005). A prosperidade segura a longo prazo e o desempenho da empresa devem ter pelo menos a mesma importância com que lidam com os problemas operacionais e financeiros (FAULCONBRIDGE; MUZIO, 2016; NAKATSUKA, 2017). A necessidade de estabelecer vínculos entre planejamento, decisão, ação e resultados gerou um interesse substancial na mensuração do desempenho organizacional, pois esse é um conceito que permeia as sociedades contemporâneas, pois é usado para avaliar a qualidade dos esforços individuais e coletivos (MICHELI; MARI, 2014; DURAND et al., 2017).

Mehra et al. (2001) afirmam que o gerenciamento estratégico representa o conceito de como utilizar os recursos da organização da maneira mais eficiente possível, com o ambiente variável como ponto de referência. A partir desse contexto, as metas e métricas podem ser estabelecidas e representadas por indicadores de desempenho capazes de responder sobre os níveis de eficiência e eficácia das atividades operacionais. Por tal, a medição de desempenho é um processo que auxilia a gestão organizacional na coordenação, no controle e melhoria das atividades (KOLLBERG et al., 2005), podendo assumir uma natureza multidimensional de avaliação (ORLANDO; BANK, 2016).

Além disso, os sistemas de medição de desempenho são chamados, por vezes, de sistemas especialistas estratégicos, através dos quais as organizações observam e medem seus elementos intangíveis de desempenho, tanto na forma de avaliações qualitativas quanto quantitativas. Enquanto utilizam esses sistemas, as empresas podem monitorar oportunidades e ameaças internas e externas resultantes de recursos intangíveis em processos estratégicos (FRIED, 2010; GHEMAWAT, 2016).

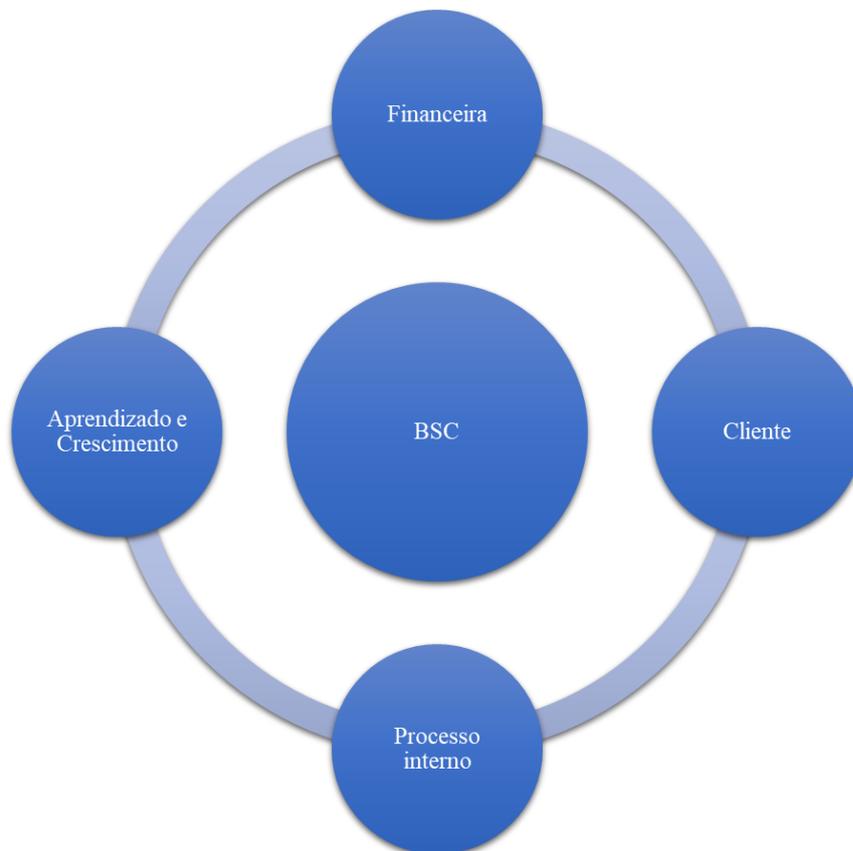
Uma das ferramentas que oferecem benefícios para a gestão estratégica das organizações é o BSC (KAPLAN; NORTON, 1992), que estimula a apresentação de indicadores adequados como métricas de avaliação do desempenho operacional das organizações para incentivar o investimento em ações estratégicas, considerando múltiplas perspectivas gerenciais.

### **2.3 Balanced Scorecard – BSC**

O *Balanced Scorecard* (BSC), segundo Kaplan e Norton (1992), é uma das ferramentas de avaliação de desempenho capaz de converter os ativos intangíveis de uma organização, como cultura e conhecimento, em resultados tangíveis, considerando a definição de indicadores de desempenho sob quatro perspectivas: (i) perspectiva financeira, (ii) perspectiva do cliente, (iii) perspectiva do processo interno e (iv) perspectiva do aprendizado e crescimento.

A estrutura do BSC, representada na Figura 3, oferece uma visão holística e recomendações estratégicas baseadas em uma série coerente e vinculada de objetivos e direcionadores de desempenho, a partir de perspectivas financeiras e não financeiras (DE GEUSER et al., 2009).

*Figura 3 - Perspectivas do Balanced Scorecard (BSC)*



*Fonte: Adaptado de Kaplan e Norton (1992)*

A partir da Figura 3, as descrições de cada perspectiva podem ser consideradas como:

- **Perspectiva financeira:** nesta, os gestores buscam avaliar o desempenho financeiro derivado do capital investido e, para isso, utilizam indicadores contábeis-financeiros tradicionais com o objetivo de avaliar os resultados na esfera financeira de curto e médio prazo da empresa. Os indicadores e metas financeiras devem definir o desempenho financeiro esperado da estratégia e servir para avaliar metas e medidas de todas as outras perspectivas do BSC (KAPLAN; NORTON, 2001). Os indicadores desse pilar são influenciados pelo desempenho em outras perspectivas. Segundo Petera et al. (2012), em concordância com Kaplan e Norton (2001), trata-se da perspectiva mais importante. Essa diretriz é o objetivo final das quatro dimensões do BSC e representa o desempenho financeiro de suas operações (GIBBONS; KAPLAN, 2015). Pode ser entendida como,

principalmente, a interseção entre os interesses dos acionistas e o impacto financeiro dos objetivos estratégicos (BENTES et al., 2012). Para a maioria das empresas, nada mais é do que a busca pelo crescimento da receita, aumento da produtividade, redução de custos, gerenciamento de riscos financeiros e outras questões (DAVIS; ALBRIGHT, 2004; STAŠ et al., 2015);

- **Perspectiva de processo interno:** baseia-se no conceito de cadeia de valor, o que inclui processos necessários para entregar o produto e/ou serviço final. Além dos tradicionais processos operacionais e serviços pós-venda, processos inovadores podem ser adicionados na avaliação dessa perspectiva. Papenhausen e Einstein (2006) afirmam que os processos internos são pontos críticos e que direcionam à satisfação dos clientes e, eventualmente, ao resultado financeiro. Para Amaratunga et al. (2001) os processos internos são vistos como mecanismos através dos quais as expectativas de desempenho são alcançadas. Uma vez que uma organização busca atender as necessidades e desejos de seus clientes, ela precisa implementar processos que possam transformar os desejos dos clientes em realidades (LEE, 2006);
- **Perspectiva do cliente:** neste pilar, a organização deve definir segmentos de mercado e/ou clientes para quem o produto ou serviço será designado. Essa perspectiva refere-se principalmente a como a empresa pode criar grandes valores fundamentais para o cliente por meio de políticas e ações (EPSTEIN; WISNER, 2001). Os segmentos de clientes e de mercado nos quais uma organização concorre são imprescindíveis para que se possa atingir seus objetivos financeiros. Ademais, a perspectiva do cliente pode ser categorizada em participação de mercado, aquisição de clientes, retenção de clientes, satisfação do cliente (MAIGA; JACOBS, 2003; YILDIRIM; BIRINCI, 2013);
- **Perspectiva de aprendizado e crescimento:** esta perspectiva identifica os ativos intangíveis que são cruciais para a estratégia da empresa. Contém os objetivos associados ao desenvolvimento e retenção do conhecimento e recursos humanos da empresa (PARK; GAGNON, 2006). Logo, é possível identificar quais os postos de trabalho, sistemas (o capital da informação) e que tipo de clima são necessários para apoiar a criação de processos internos com valor. De acordo com Garvin et al. (2008) o ato de aprender na organização tem como base um ambiente que suporta a aprendizagem de todos os membros. Nesse sentido, Rebelo e Adelino (2011) reforçam que a cultura organizacional direcionada para o aprendizado e desenvolvimento de colaboradores, acarreta na difusão de conhecimento novo e útil e, com isso, formas inovadoras de resolução de problemas e otimização de processos surgem.

O desenvolvimento de metodologias de gerenciamento da estratégia transformou o BSC de um sistema de diagnóstico estendido em um sistema interativo, definido por Simons a partir das seguintes características (SIMONS, 1995):

- As informações geradas são uma agenda importante e recorrente, abordada pelos mais altos níveis de gestão;
- O sistema de controle interativo exige atenção frequente e regular dos gerentes operacionais em todos os níveis da organização;
- Os dados gerados são interpretados e discutidos em reuniões presenciais de superiores, subordinados e pares;
- A abordagem é uma catalisadora para o registro de dados subjacentes, suposições e planos de ação.

Nesse caso, os indicadores definidos para cada uma das perspectivas devem ser consistentes e validados para o contexto de aplicação, pois os resultados satisfatórios da ferramenta dependem do reforço mútuo e integrado dos indicadores que asseguram a adequação ao contexto (THOMPSON; MATHYS, 2008). As medidas funcionam como um elo entre a estratégia e a ação operativa. A questão central é a seleção de metas e medidas para monitorar a implementação da visão e da estratégia local (IŠORAITĚ, 2008; SAYED, 2012).

O BSC oferece recursos para que os gestores acompanhem a evolução da estratégia adotada pela empresa, observando as quatro perspectivas da ferramenta, podendo ser útil em empresas de diversos segmentos. Os resultados satisfatórios do BSC são facilmente percebidos em empresas de grande porte, em que são facilmente disponibilizados recursos, mão de obra qualificada, equipamentos, tecnologia e infraestrutura para o processo de melhoria e a gestão de mudanças (ZHENG et al., 2010; GIANNOPOULOS et al., 2013).

Nesse sentido, o BSC resulta da necessidade constante de medir a efetividade das operações executadas e, respectivamente, o desempenho das organizações. Assim, a metodologia atua de modo com que a visão e a estratégia sejam convertidas em objetivos, indicadores e metas (LESÁKOVÁ; DUBCOVÁ, 2016). Por sua vez, essas medidas de objetivos e metas são traduzidas de outras perspectivas, assim como financeiras, de acordo com um sistema integrado de monitoramento e melhoria, caracterizando o BSC como um modelo de avaliação pertinente para vários contextos (SPECKBACKER et al., 2003; THOMPSON; MATHYS, 2008).

Tendo em vista as relações de causa e efeito entre as quatro perspectivas (financeiras e não financeiras), o BSC distingue-se de outros sistemas de gestão estratégica (WALL et al.,

2004), pois entende-se que métricas de cunho financeiro fornecem informações sobre o desempenho passado, e por outro lado, medidas não financeiras são capazes de impulsionar o desempenho futuro da empresa (KAPLAN; NORTON, 1996).

Segundo Kaplan e Norton (1992, p. 72), o BSC ajuda as organizações a responder as seguintes perguntas:

- 1) Como os clientes nos veem? (Perspectiva do cliente);
- 2) Em que devemos nos sobressair? (Perspectiva processos internos);
- 3) Podemos continuar melhorando e criando valor? (Perspectiva de aprendizagem e crescimento);
- 4) Como vemos nossos acionistas? (Perspectiva financeira).

Em suma, o BSC associa os números de indicadores tradicionais financeiros e os não financeiros que norteiam os gestores diante da necessidade de fazer a avaliação necessária sobre o que realmente está ocorrendo dentro da empresa (INDRA; ANANTADJAYA, 2011; ABDALKRIM, 2014). O BSC apresenta diversos benefícios para as empresas (TAPINOS et al., 2011; OLVE et al., 2000; MORISAWA; KUROSAKI, 2003; LAWRIE; COBBOLD, 2004; TSAI et al., 2009; NISTOR, 2010; LUEG, 2015; DUMAN et al., 2018; e BRAAM; NIJSSEN, 2011), tais como:

- Proporcionar à gerência controle das dimensões estratégicas;
- Evidenciar claramente a contribuição individual de cada funcionário;
- Aumentar a conscientização entre os funcionários de que nem todas as decisões terão resultados imediatos no aumento de benefícios ou na redução de custos;
- Discutir os benefícios que podem resultar de investimentos no desenvolvimento de competências, além do aprimoramento no relacionamento com os clientes;
- Permitir a criação de oportunidades de aprendizado sistemático (concentrando-se em fatores críticos de sucesso para a organização);
- Traduzir a missão e estratégia de uma organização em ações concretas e um conjunto de indicadores que informam sobre a consecução dos objetivos e as causas que motivaram os resultados obtidos;
- Facilitar a comunicação interna da estratégia, visão e objetivos estratégicos
- Melhora o uso dos recursos disponíveis;
- Permite adotar decisões estratégicas mais rapidamente, graças à disponibilidade de melhores dados;

- Incentivar o alcance dos objetivos sem causar desequilíbrios entre os possíveis fatores de sucesso.

Em adição, as considerações da ferramenta podem trazer benefícios para o contexto de PME desde que os indicadores de desempenho considerados sejam adaptados, adequados e reflitam as reais capacidades operacionais das empresas. Neste contexto é imprescindível que as particularidades das PME sejam consideradas pela ferramenta.

### 2.3.1 O BSC como ferramenta de apoio à gestão estratégica em PME

Em geral, para que as PME desenvolvam níveis de desenvolvimento aceitáveis, várias condições devem ser levadas em consideração, como a elaboração e consolidação de planos de negócios, tamanho da empresa, tempo de atuação, utilização de ferramentas de gestão, e o maior envolvimento dos gestores nos processos operacionais e gerenciais (LUSSIER; SONFIELD, 2015). Para Farsi e Toghraee (2014), alguns dos desafios enfrentados pelas PME concentram-se na aquisição e disponibilização de recursos gerenciais e humanos, pesquisa e desenvolvimento, tecnologias, política nacional e ambiente regulatório, e informações sobre o mercado.

No entanto, essas considerações não impedem que as PME sejam apontadas como um conjunto representativo de força econômica (MCLARTY et al., 2012), em especial para a economia brasileira. Esse tipo de empresa consegue agregar valor aos produtos (bens e/ou serviços) a partir de práticas inovadoras de transformação e melhoria dos produtos, remodelagem das capacidades de marketing e integração dos principais recursos da empresa (PRAJOGO; AHMED, 2006; LAUFS et al., 2016).

Hvolby e Thorstenson (2000) afirmam que a implementação do BSC em uma PME pode enfrentar dificuldades operacionais, uma vez que os recursos dessa classe de empresas são tipicamente escassos. Contudo, Basuony (2014) afirma que não existe um modelo BSC padrão que sirva para todas as organizações e que os BSC devem ser usados e implementados para estimular o pensamento sobre medidas relativas aos fatores críticos de um negócio no setor de PME, por exemplo.

Por este argumento, Monk (2000) indica a implementação do BSC para superar e reduzir o número de falhas em gestão de PME, observando os principais indicadores, como a qualidade do produto oferecido e a satisfação do cliente. Na ótica de Gumbus e Lussier (2006), pode-se implementar o BSC em PME com o intuito de fortalecer a permanência no mercado, ou ainda de desenvolver o potencial de crescimento para se tornarem empresas de grande porte. Em

suma, os autores entendem que o BSC é utilizado para melhoria contínua e sobrevivência no mercado, o que é importante para as PME.

Dessa forma, o BSC para PME é indicado como uma ferramenta para práticas de melhoria gerencial, capaz de auxiliar os gestores a enfrentarem desafios inerentes às atividades operacionais e assim melhorar o desempenho da organização. Frente à realidade enfrentada pelas empresas do APL do Gesso, o BSC pode ser adaptado de modo que as empresas sejam incentivadas a identificar e personalizar suas próprias áreas de medição, dentro das quatro perspectivas associadas ao BSC: perspectiva financeira, perspectiva do cliente, perspectiva dos processos internos e perspectiva da aprendizagem e crescimento.

O BSC é considerado um dos meios de medição de desempenho mais abrangentes e simples que enfatiza os aspectos de estratégias e métricas de longo, médio e curto prazos inerentes ao negócio. Um dos pontos fortes do BSC é sua capacidade de ilustrar as relações de causa e efeito entre estratégias e processos por meio das suas quatro perspectivas (ASOSHEN et al., 2010; HRISTOV et al., 2019). Entretanto, o BSC não possui diretrizes formais para a mensuração adequada dos indicadores de desempenho, enfatizando uma oportunidade para integrar metodologias quantitativas para avaliação desses indicadores. Nesse caso, é possível analisar a eficiência dos indicadores a partir da integração de metodologias quantitativas, como a abordagem proposta pela Análise Envoltória de Dados (DEA), conforme apontam Kuah et al. (2012), que assume uma análise comparativa sobre a eficiência das diferentes empresas no contexto considerado (EILAT et al., 2005; MIN et al., 2008; CHIA et al., 2009; CHALMETA; PALOMERO, 2011).

## **2.4 Análise Envoltória de Dados (Data Envelopment Analysis – DEA)**

A mensuração da eficiência, como uma das abordagens importantes de avaliação de desempenho e produtividade de uma empresa, sempre foi objeto de estudo nos mais diversos contextos. Desta forma, o termo eficiência significa a extensão em que uma organização pode usar seus recursos para fins de produção em um determinado período de tempo. De outro modo, eficiência é a quantidade consumida de recursos para produzir uma certa quantidade de um determinado item e/ou produto. Logo, a medição de eficiência e da produtividade cria condições nas quais os administradores da organização podem reconhecer sua situação e planejar a melhoria das condições atuais (HESS; CULLMANN, 2007; MEYBODI et al., 2009; SADJADI et al., 2011; SANTOS, 2020).

A partir dos sistemas de medição de desempenho, considerando as entradas e saídas como medidas relativas à produtividade das operações, pode-se explicar se uma operação está

sendo eficiente ou não, usando a relação *output/input*. Essa medição de desempenho demonstra-se importante para toda a empresa, especialmente em termos de gerenciamento de operações, que afeta diretamente os negócios na eficiência do processo (DESPOTIS; SMIRLIS, 2002; MALIK et al., 2018). Logo, a DEA segue esse pressuposto e busca, basicamente, analisar o desempenho de um grupo de empresas selecionadas de modo que indique a(s) melhor(es) em termos de performance, com base nos *inputs* e *outputs* (MASTERNAK-JANUS; MASTERNAK, 2019).

O modelo denominado *Data Envelopment Analysis* (DEA) teve seu marco inicial nos estudos propostos por Farrell (1957). O autor elaborou uma proposta de modelo empírico para determinação da eficiência relativa, em objeção ao modelo de produção funcional teórico para eficiência. Logo, a partir da avaliação proposta por Farrell (1957), os autores Charnes, Cooper e Rhodes iniciaram os estudos em 1978 acerca da abordagem não paramétrica, direcionada para análise de eficiência com múltiplos *inputs* e *outputs*.

As unidades organizacionais submetidas ao modelo DEA, foram nomeadas por Charnes et al. (1978) como Unidades Tomadoras de Decisão (do inglês *Decision Making Units* - DMU). A definição de DMU é genérica e flexível, e de acordo com Cooper et al. (2006), uma DMU pode ser considerada como uma entidade que converte múltiplas entradas em múltiplas saídas e cujo desempenho pode ser avaliado. No modelo DEA, avalia-se  $j$  DMU, em que cada DMU recebe  $k$  entradas diferentes para produzir  $l$  saídas diferentes.

Uma característica intrínseca às DMU é a homogeneidade, ou seja, devem pertencer a um grupo homogêneo e independente, desempenhando a mesma função, onde cada unidade é representada por um conjunto de *outputs* e de *inputs*. Isto é, as unidades operacionais são mutuamente comparáveis, consumindo as mesmas entradas e criando as mesmas saídas (BOUSSOFIANE et al., 1991; SONG et al., 2012).

Nesse caso, diz-se que uma DMU é eficiente, quando nenhuma outra DMU no conjunto homogêneo de referência produz maior *output* com igual nível de *input*, ou quando nenhuma DMU no conjunto produz um nível maior que ou igual de *outputs*, empregando menor quantidade de *input*. Por outro lado, cada unidade classificada como ineficiente poderia ser teoricamente movida (projetada) para a fronteira eficiente e, assim, obter uma pontuação de eficiência igual a um (1), assumindo que o sistema subjacente possa ser reestruturado para melhorar seus resultados (LERTWORASIRIKUL et al., 2003; PASCHALIDOU et al., 2013). Em outras palavras, a DEA pode ser usada para identificar a origem e a quantidade de eficiência em cada entrada em relação a cada saída para as unidades de tomada de decisão alvo (LERTWORASIRIKUL et al., 2003; CHI et al., 2015).

A ideia original, na qual pautou-se o DEA, concentra-se em fornecer uma metodologia pela qual, dentro de um conjunto de unidades de tomada de decisão comparáveis (as DMU), aqueles que exibissem as melhores práticas pudessem ser identificados e formariam uma fronteira eficiente (OLESEN; PETERSEN, 1996; LOVELL; ROUSE, 2003). Todo esse processo é baseado em etapas bem definidas.

De acordo com Golany e Roll (1989), para que seja feita a implementação dos modelos propostos pelo modelo DEA, há três (03) fases principais, sendo:

1. Definição e escolha das DMU para análise;
2. Seleção das variáveis (*inputs* e *outputs*) relevantes e adequadas para submissão da análise de eficiência relativa das DMU escolhidas;
3. Aplicação dos modelos DEA, onde define-se se o modelo será orientado para *input* ou *output*.

#### 2.4.1 Modelos DEA

A abordagem DEA pode manipular, simultaneamente, várias variáveis, cada uma das quais pode ser expressa em unidades de medida diferentes e geralmente refletem dados de atividades operacionais (como capacidade de produção, quantidade de funcionários, volume produzido, etc.), e ainda fornece um único número real como um índice relativo de eficiência de desempenho. Este índice é obtido resolvendo o modelo de programação linear DEA escolhido, que utiliza dados sobre entradas (*inputs*) e saídas (*outputs*) de todas as organizações observadas (ZHOU et al., 2007; GÖKSEN et al., 2015; ZHOU et al., 2018).

Deve-se observar que os modelos diferem em termos de suposição sobre retornos de escala (constante ou variável) exibida pela função de produção e no tipo de orientação da medição de eficiência (para minimizar a entrada ou maximizar a saída). Mesmo assim, independentemente do tipo de orientação do modelo considerado pelo DEA, todos eles produzem um grande conjunto de resultados concretos, relevantes e úteis (CHERCHYE; PUYENBROECK, 2001; RASHIDI et al., 2015).

A aplicação do DEA pode ser feita através de dois modelos principais e amplamente utilizados, o CCR e o BCC. O primeiro modelo tem a sigla derivada do nome dos autores que a desenvolveram, Charnes, Cooper e Rhodes, em 1978. Nesse caso, pressupõe-se que os retornos são constantes, em termos de escala, o que significa que um aumento proporcional nas entradas resulta em um aumento proporcional nas saídas, introduzindo o termo *Constant Returns to Scale – CRS*).

Além disso, nesse modelo tem-se a possibilidade de mostrar como as organizações podem maximizar a quantidade combinada de *outputs* (produtos) a partir de uma combinação viável de *inputs* (recursos) utilizados (FAN et al., 2015). Porém, de acordo com Zhou et al. (2008), no modelo CCR, pode-se ter valores de eficiência técnica alteradas pela escala, sendo inviável sua aplicação em alguns casos, como em situações de concorrência imperfeita.

O modelo DEA para medir a eficiência relativa de DMU denotada por  $k$  sob uma suposição de retornos constantes de escala (CRS), ou seja, utilizando o modelo de CCR (CHARNES et al., 1978) é expresso matematicamente pela Equação 1:

$$\text{Max } h_o = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rk}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ik}} \quad (1)$$

Sujeito a:

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rk}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1$$

Para  $j = 1, \dots, n$ , e  $u_r, v_i \geq 0$  para  $r = 1, \dots, s$ ,  $i = 1, \dots, m$

Onde:

$h_o$  é a função objetivo;

$y_{rj}$ ,  $x_{ij}$  são os *outputs* e *inputs*, respectivamente conhecidos da  $j$ ésima DMU.

$u_r, v_i \geq 0$  são os pesos variáveis não negativos a serem determinados pela solução desse problema.

A hipótese do modelo CRS considera que os produtos variam proporcionalmente aos insumos em todas as regiões da fronteira (CHARNES et al., 1978). Porém, neste caso não se consideram os ganhos de escala de um sistema, o que demonstra uma limitação desse modelo (MARIANO et al., 2015). Por outro lado, o segundo modelo da abordagem DEA foi proposto por Banker, Charnes e Cooper, em 1984, sendo uma extensão do CCR. Os autores logo propuseram o segundo modelo, para incluir retornos variáveis de escala intitulado BCC. Como derivado do modelo anterior, tem-se a pressuposição de retornos variáveis de escala (*Variable Returns to Scale* - VRS).

O modelo VRS identifica que a variação dos produtos não é necessariamente proporcional aos insumos, estando em situações como: aumentando onde os produtos crescem

proporcionalmente mais do que insumos; constante, onde existe proporcionalidade; e diminuindo, onde os produtos crescem proporcionalmente menos que os insumos (BANKER et al., 1984). Quando busca-se minimizar os recursos de entrada enquanto os níveis de produção permanecem fixos, tem-se o modelo BCC orientado a *input*, matematicamente, dado como descrito pela Equação 2.

$$\text{Max } h_0 = \sum_{r=1}^s u_r y_{rk} \quad (2)$$

Sujeito a:

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{ij} - \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} \geq 0 \text{ para } j = 1, \dots, n,$$

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{ik} = 1$$

$$u_r \geq \varepsilon \text{ para } r = 1, \dots, s.$$

$$v_i \geq \varepsilon \text{ para } i = 1, \dots, m.$$

Onde:

$\varepsilon$  é um valor pequeno para não atribuir valor 0 em *input* ou *output*.

E  $v$  e  $u$  são multiplicadores DEA para atributos de *inputs* e *outputs*.

O segundo modelo do tipo BCC é orientado a *output*, ou seja, que implica o aumento das quantidades produzidas enquanto os níveis de recursos de entrada permanecem inalterados, sendo dado pela Equação 3.

$$\text{Min } \frac{1}{h_0} = \sum_{i=1}^m v_i x_{ik} \quad (3)$$

Sujeito a:

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{ij} - \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} \geq 0 \text{ para } j = 1, \dots, n,$$

$$\sum_{i=1}^m u_r y_{rk} = 1$$

$$u_r \geq \varepsilon \text{ para } r = 1, \dots, s.$$

$$v_i \geq \varepsilon \text{ para } i = 1, \dots, m.$$

Onde:

$\epsilon$  é um valor pequeno para não atribuir valor 0 em *input* ou *output*.  
 $v$  e  $u$  são multiplicadores DEA para atributos de *inputs* e *outputs*.

O modelo DEA deve ser executado  $n$  vezes; uma vez para cada unidade observada, para que se possa obter a eficiência relativa de todas as DMU. Ademais, na metodologia proposta pela DEA, as medidas de eficiência podem ser classificadas em dois tipos: medidas radiais e não radiais. No primeiro caso, baseia-se no pressuposto de que todas as entradas ou saídas são alteradas (ou seja, aumentadas ou diminuídas) nas quais sua proporção permanece a mesma. Em contraposto, as medidas não-radiais não apenas aumentam ou diminuem as entradas ou saídas, mas também podem alterar o *mix* delas para alcançar a eficiência (MARTIC et al., 2009; STIAKAKIS; SIFALERAS, 2013).

Os dois modelos demonstrados obtêm medidas de eficiência sob premissas de retornos constantes à escala (CRS) e retornos variáveis à escala (VRS), respectivamente, produzindo assim dois tipos de superfícies de envelopes. Nesse caso, o termo "envelope" deriva do fato de a fronteira envolver o conjunto de observações do contexto externo. A pontuação de eficiência do primeiro modelo (CCR) representa a eficiência técnica geral, que mede ineficiências devido à configuração de entrada e saída e ao tamanho das operações. Por outro lado, o segundo modelo (BCC) resulta em uma pontuação de eficiência técnica pura, que negligencia o impacto do tamanho da escala, o que em outras palavras significa que o modelo BCC isola a influência da escala de produção na eficiência. A eficiência técnica pura mostra até que ponto a unidade produtiva analisada cumpre a exploração máxima dos recursos físicos disponíveis (TAVANA et al., 2015; CHAN et al., 2017; RABAR, 2017).

No contexto do método DEA, os rendimentos da escala resultam do aumento igualitário da quantidade de todos os fatores envolvidos na função de produção. Existindo, nesse caso, três tipos de rendimentos de escala, conforme aponta Varian (1998):

- Escala de retorno constante. Se a quantidade de cada fator aumentar, a produção aumentará na mesma proporção;
- Escala de retorno crescente. Se a quantidade de cada fator aumentar, a produção aumenta em uma proporção maior;
- Escala de retorno decrescente. Quando a quantidade de cada fator aumentar, a produção aumenta em uma proporção menor.

Para Abolghasem et al. (2019), um aumento nos insumos não necessariamente resulta em uma mudança proporcional nas saídas; portanto, um modelo que permita Retornos Variáveis à Escala (VRS), como o modelo BCC, é o mais indicado na maior parte dos casos. O autor

ainda ressalta que o DEA é significativamente sensível aos dados e, em geral, os modelos assumem que os dados de entrada e saída são determinísticos. No entanto, as entradas e saídas em situações do mundo real são frequentemente difíceis de medir com precisão ou são baseadas em estimativas, o que deve ser considerado na escolha do modelo.

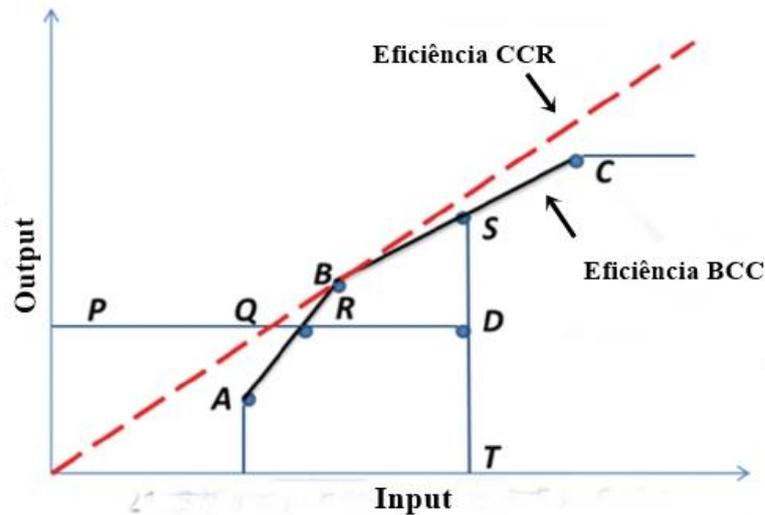
Considerando o cálculo da eficiência total no modelo CCR, tem-se a comparação de uma DMU com todas as outras concorrentes. Porém, na determinação da eficiência técnica (modelo BCC), compara-se a DMU apenas com as unidades que operam em uma escala semelhante (FARE; GROSSKOPF, 2004; MITROPOULOS et al., 2015). Assim, a eficiência de uma DMU é resultada da divisão de sua produtividade pela maior produtividade observada (dentro o conjunto das DMU) que apresentam o mesmo tipo de retorno à escala (KAO; HWANG, 2008; PENG et al., 2013; CHAABOUNI, 2019).

#### 2.4.2 Representação gráfica entre os modelos CCR e BCC

Em geral, pode-se afirmar que a metodologia da DEA utiliza um conjunto de unidades de produção de uma amostra para construir uma fronteira de eficiência que consiste em todas as combinações lineares possíveis de unidades de produção eficientes. Se uma DMU não pertencer a essa superfície e, portanto, estiver em seu interior, a DMU não estará operando com eficiência. E, de acordo com a distância do ponto que representa seus valores de entrada e saída até o correspondente ponto de referência na fronteira eficiente, recebe uma pontuação de eficiência menor que um (1) (melhor desempenho), mas maior que zero (0) (LOTHGREN; TAMBOUR, 1999; RABAR, 2017). A ineficiência é atribuída aos excedentes de entrada e/ou escassez de produto e pode ser superada alcançando-se um ponto de operação de projeção eficiente na fronteira das “melhores práticas”.

Graficamente é possível tornar a análise mais cognitiva e observar a indicação das distâncias das DMU ineficientes para a fronteira de eficiência e trabalhar para que a distância seja reduzida. De acordo com Cooper et al. (2006), no caso do modelo CCR tem-se o cálculo da eficiência proporcional, o que não é suficiente para medir o excesso de entrada e déficits de produção, cuja complementação é feita pelo modelo BCC. Para efeito de visualização dessa comparação entre o modelo CCR e o BCC, pode-se verificar na Figura 4.

Figura 4 - Representação gráfica dos modelos BCC e CCR



Fonte: Adaptado de Othman et al. (2016)

A partir da Figura 4, os pontos A, B, C, D utilizam o mesmo tipo de entrada (*input*) para produzir o mesmo tipo de saída (*output*). A fronteira eficiente do modelo CCR é designada pela linha pontilhada vermelha que cruza com B desde a origem; enquanto a fronteira eficiente do BCC é a linha preta em negrito que compreende os pontos A, B, C.

Para esse caso, percebe-se que apenas B é eficiente em termos de CCR, enquanto A, B, C são eficientes em termos do modelo BCC. Ademais, dada a DMU D, a sua eficiência, considerando o modelo BCC, pode ser calculada através da razão  $PR / PD$ ; enquanto o valor da eficiência da CCR é determinado através da razão de  $PQ / PD$ . Os resultados mostram que o valor da eficiência da CCR é menor e nunca excede o valor da eficiência da BCC (OTHMAN et al., 2016).

A ineficiência para DMU D, é obtida pela distância de D a S, calculada pelo modelo BCC como a razão entre  $ST / DT$ . Embora a ineficiência da DMU D para o modelo de CCR seja a distância de D ao ponto que intercepta a linha de eficiência de CCR (linha vermelha pontilhada) de ST. Portanto, dado o mesmo nível de entrada, a DMU D pode alcançar a eficiência ideal aumentando a quantidade de saída SD (orientada para a saída) (COOPER et al., 2006; OTHMAN et al., 2016).

Isto posto, nota-se que, além de identificar as DMU eficientes, ambos os modelos DEA permitem quantificar e localizar a ineficiência; além de estimar uma função de produção linear por partes, que indica o chamado *benchmark* para as DMU ineficientes. Para Casado (2009) o *benchmark* é estabelecido por meio da projeção das DMU ineficientes na fronteira de eficiência. A forma da projeção irá definir a orientação do modelo: direcionado a *inputs* (quando se

objetiva minimizar os *inputs*, mantendo os *outputs* constantes) e orientado a *outputs* (quando se almeja maximizar os resultados sem minimizar os recursos).

Uma observação importante foi discutida nas pesquisas de Burger e Moormann (2008), que descobriram que o modelo BCC é mais relaxado, permitindo mais DMU na linha de fronteira eficiente. A fronteira criada pelo modelo é determinada pelos valores observados das DMU que são eficientes (com relação ao restante das DMU da amostra) e todos recebem uma pontuação de eficiência de um (ou 100%). Entretanto, deve-se destacar que quando usadas em um ambiente de benchmarking, as DMU do conjunto observado, e classificadas como eficientes, podem não necessariamente formar uma “fronteira de produção”, mas sim conduzir a uma “fronteira de melhores práticas”, conforme afirma Cook et al. (2014).

No âmbito da DEA, *benchmarking* deve ser compreendido como o processo contínuo de comparar as operações da organização com a empresa que possui o melhor desempenho nessas mesmas atividades. O *benchmarking* indica as maneiras pelas quais as lacunas existentes podem ser preenchidas. De fato, é uma ferramenta para melhoria contínua e pode ser utilizado por várias organizações de manufatura e serviços (BANKER et al., 1984; CASTELLI et al., 2004).

Do ponto de vista da natureza do *benchmarking*, o DEA é classificado como um dos métodos de cunho quantitativo, ou seja, que envolve o uso de padrões de medição para comparar quantitativamente o desempenho com empresas e organizações modelo em relação a custo, qualidade e tempo (ALI, 1993). Com isso, objetiva determinar a eficiência de uma unidade tomadora de decisão através do processo de conversão de entradas em saídas. Em outras palavras, o objetivo é reconhecer as unidades que obtêm a quantidade máxima de saída da quantidade mínima de entrada (CHARNES et al., 1978).

Uma outra abordagem possível no contexto DEA é o cálculo da fronteira invertida. Nesse caso, considera-se uma inversão entre *inputs* e *outputs* no modelo original, permitindo identificar as empresas com as piores práticas a nível gerencial e ainda observar as DMUs que possuem melhores práticas no sentido oposto (YAMADA et al., 1994; ENTANI et al., 2002).

Logo, a eficiência invertida é uma abordagem útil para medir a ineficiência de uma DMU do conjunto analisado. A fronteira, nesse caso, permite identificar as organizações ditas “falsas eficientes” onde, para isso, a equação utilizada a divisão da soma ponderada dos *inputs* pela soma ponderada dos *outputs* (o inverso da fronteira clássica), conforme apontam Leta et al. (2005) e Mello et al. (2004).

Combinando a eficiência clássica com a invertida torna-se possível avaliar a eficiência composta. Essa eficiência é dada pela média da eficiência clássica com a eficiência invertida,

isto é: Eficiência composta = Eficiência clássica + (1- Eficiência invertida) / 2 (MEZA et al., 2005). A eficiência composta deve ser normalizada, e para isso divide-se o valor da eficiência composta pelo maior valor obtido de eficiência composta, conforme: Eficiência composta = Eficiência composta / Max (Eficiência composta), segundo Giacomello e Oliveira (2014). De posse dessas informações, ao final da análise, será indicado a (s) empresa (s) que são, de fato, eficientes.

A estrutura metodológica da DEA difere de técnicas estatísticas. Isso ocorre porque a DEA identifica uma “fronteira” na qual o desempenho relativo de todos os utilitários da amostra pode ser comparado (ALIDRISI et al., 2019). Neste sentido, ainda há uma dependência na indicação empírica e subjetiva dos decisores quanto a indicação dos parâmetros de entrada e saída na DEA. Mas, tal fato pode ser tratado com validação de análises descritivas sobre possíveis parâmetros de entrada e saídas (THEODORIDIS et al., 2006). Como a seleção das variáveis a serem incluídas na análise é, geralmente, feita pelos tomadores de decisão (executivos e administradores diretos da empresa), os pesquisadores podem assumir, a priori, que a seleção dessas variáveis é a correta (FERNANDEZ-PALACIN et al., 2018).

#### 2.4.3 Aplicações do DEA em contextos organizacionais

A DEA é um modelo amplamente aceito para avaliar a eficiência produtiva ou quantificar deficiências relativas (LOZANO et al., 2009). Como apresentado, a DEA determina os valores relativos de eficiência de unidades tomadoras de decisão comparáveis por meio de programação linear. A proposta metodológica ganhou muita atenção dos pesquisadores por causa de suas aplicações bem-sucedidas e estudos de caso em diversos contextos organizacionais (MOHMUDI et al., 2009; COOK et al., 2010; CHIU et al., 2011). Logo, existe um grande número de pesquisas associadas às aplicações da DEA em medição de desempenho e *benchmarking* de empresas.

No estudo feito por Azbari et al. (2014), por exemplo, foi apresentado um modelo capaz de avaliar o desempenho da cadeia de suprimentos, usando os fatores financeiro, capital intelectual (base de conhecimento), colaboração e capacidade de resposta da cadeia de suprimentos. Os resultados mostram que o modelo fornecido é apropriado para avaliação do desempenho da cadeia de suprimentos, pois oferece a possibilidade de considerar as operações das empresas em combinação com os indicadores da cadeia.

Corroborando com o estudo de Azbari et al. (2014), Malesios et al. (2018) desenvolveram um modelo inovador de medição de desempenho da cadeia de suprimentos sustentável para PME. O modelo foi aplicado a três localizações geográficas variadas no Reino

Unido, França e Índia, a fim de demonstrar sua eficácia. Notou-se que o método proposto pode facilitar a administração dos proprietários de PME individuais com medidas para melhorar o desempenho em termos de sustentabilidade na cadeia de suprimentos.

Em outra abordagem, Park (2014) analisou a eficiência de PME de um programa Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) em inovação tecnológica. Em particular, a estrutura de análise não paramétrica proposta no estudo e os achados da estrutura metodológica puderam ser entendidos como a principal contribuição do estudo para a literatura, uma vez que se tem um ramo com demandas por análises desse tipo.

Ainda no contexto das PME, Kotey e O'Donnell (2002) empregaram a DEA para medir a eficiência relativa das PME da indústria australiana de alimentos, bebidas e tabaco. As estimativas de eficiência técnica relativa sugeriram que as empresas do setor podem, em média, alcançar o mesmo nível de produção usando aproximadamente 20% menos insumos. As estimativas da relativa eficiência de custos sugerem ainda que as DMU podem, em média, obter economia de custos na ordem de 32%, reduzindo o nível e o *mix* de insumos. De igual modo, Rani et al. (2014) ao aplicarem a DEA no setor de fabricantes de alimentos, chegaram à conclusão de que o método e os resultados obtidos podem ajudar o gerenciamento da empresa a tomar melhores decisões e fornecer ideias para outras empresas do setor para melhorar o desempenho dos sistemas de fabricação.

Similarmente, em um estudo de caso feito por Sari et al. (2018), pode-se avaliar a eficiência das PME fabricantes de móveis de madeira na Indonésia. Os resultados mostraram que, das dez PME, seis são consideradas eficientes, enquanto as demais são consideradas ineficientes. A principal recomendação do estudo é que as PME podem realizar o *benchmarking* em relação a como usar seus recursos limitados de maneira eficiente.

Lee et al. (2019) desenvolveram uma pesquisa focada na eficiência da colaboração resultante dos esforços de P&D de PME na Coreia. Nesse caso específico, os autores puderam apontar que a proposta DEA pode ser aplicada com êxito à área de gerenciamento da inovação no sentido de desenvolver estratégias colaborativas.

Uma constatação relevante foi feita por Heilbrunn et al. (2011). O estudo obteve o resultado das medições de desempenho de 248 PME. A partir da análise detalhada do comportamento das DMU, pôde-se notar que os proprietários de DMU eficientes se concentraram em atividades de redução de custos, não investindo em atividades de marketing. Enquanto que, os proprietários de PME menos eficientes investiram mais em atividades de publicidade e marketing do que as demais.

Prusa (2012) verificou, em seu estudo sobre a eficiência das PME tchecas, resultados que mostram uma variação substancial nos *scores* de eficiência. O autor constatou, com base no número de funcionários para dividir as empresas em grupos, que a maioria dos setores opera abaixo da eficiência total, com apenas algumas indústrias pertencentes aos melhores desempenhos. A eficiência média situa-se entre 50% e 70%. Ele conclui que apenas uma pequena proporção das PME tchecas é capaz de gerar alto valor agregado por unidade de capital de trabalho.

Saranga e Moser (2010) aplicaram a metodologia no Gerenciamento de Compras e Suprimentos (*Procurement and Supply Management - PSM*), observando o potencial do setor em influenciar estrategicamente tanto o desempenho operacional quanto os resultados do desempenho financeiro. Os autores consideraram uma amostra de mais de 120 empresas em todo o mundo representando sete setores da indústria. A relevância da pesquisa é demonstrada por meio de uma análise aprofundada da distribuição de eficiências dentro e entre os setores da indústria, possibilitando um *benchmarking* coerente com a realidade das organizações.

Na abordagem feita por Kauppinen e Khajehzadeh (2015), tem-se uma avaliação da sustentabilidade da fase de exploração da mineração. Nesse caso, a ênfase principal está na combinação de variáveis econômicas, ecológicas e sociais com a DEA para produzir um índice para cada local de exploração estudado. O estudo foi capaz de apresentar um índice útil chamado *score* de sustentabilidade, levando em consideração seis variáveis que afetam a fase de exploração da mineração.

No artigo elaborado por Akbarian et al. (2015), propõe-se uma estrutura integrada dos modelos BSC e DEA para medir a eficiência juntamente com os indicadores-chave de desempenho (KPI) do modelo BSC. Logo, após identificar a estrutura de entrada e saída do modelo DEA, uma função objetivo para medir a eficiência de nove refinarias subsidiárias da Companhia Nacional de Refino e Distribuição de Petróleo do Irã (*National Iranian Oil Refining and Distribution Company - NIORDC*) foi desenvolvida. Para os autores, o gerenciamento de desempenho é uma das mais importantes questões em que, se a visão organizacional for usada, a organização alcançará os objetivos estratégicos, por isso, a integração de metodologias que abordem essa questão é relevante.

A integração do DEA com o BSC é assunto de diversos estudos dispostos na literatura. Rouse et al. (2002) foram um dos pioneiros nesse tipo de análise, onde utilizaram as quatro perspectivas do modelo BSC como variáveis do modelo DEA. Chen et al. (2010) também empregaram um modelo integrado DEA e BSC para medir os resultados de KPI em um banco cooperativo de crédito em Taiwan com quatro modelos. O primeiro incluiu variáveis de entrada

e saída, o segundo modelo inclui indicadores derivados do BSC, o terceiro modelo inclui KPI de risco e o quarto modelo incluiu indicadores financeiros tradicionais.

García-Valderrama et al. (2009) desenvolveram um modelo DEA para comparar as compensações entre KPI financeiros e não financeiros no BSC, considerando as perspectivas do BSC como variáveis no modelo DEA. Um outro exemplo é o de Amado et al. (2012), que usaram modelos DEA e BSC para medir o desempenho de uma empresa multinacional. O mesmo foi feito por Haeri et al. (2018), onde o principal objetivo foi apresentar a abordagem baseada em DEA em três estágios, integrada a um BSC para avaliação de desempenho de empresas de petróleo.

Na pesquisa executada por Ebrahimi et al. (2014) tem-se um aprimoramento do modelo de DEA integrado, para avaliar e classificar projetos de Tecnologia da Informação (TI) na presença de dados cardinais e ordinais. Eles usaram o BSC para definir os critérios de avaliação de projetos de TI e introduziram um novo modelo DEA para obter o projeto de TI mais eficiente, considerando dados disponíveis. Foi provado que o modelo elaborado e proposto pôde encontrar a DMU mais eficiente. Asosheh et al. (2010) propuseram uma pesquisa similar, contudo no modelo integrado BSC-DEA a perspectiva de incerteza foi adicionada ao modelo BSC como um pilar adicional.

No estudo feito por Chiang e Lin (2009), os modelos BSC e DEA foram aplicados simultaneamente para medir e comparar a eficiência de 39 empresas automobilísticas e 30 bancos comerciais nacionais nos EUA. Em outro contexto, Oliveira e Cicolin (2016) puderam analisar o desempenho logístico das exportações de milho do Brasil usando os modelos integrados BSC e DEA. Por outro lado, para medir o desempenho de um Instituto Público de Pesquisa, Seo et al. (2008) também construíram um sistema de gerenciamento de desempenho através da integração dos modelos BSC-DEA. Nesse caso, o *Analytic Hierarchy Process* (AHP) foi empregado para determinar o peso dos indicadores do BSC.

#### 2.4.4 Contribuições da integração do DEA com o BSC para PME

Em adição, diversos autores apontam como principais vantagens de empregar o modelo DEA (BESSENT et al. 1982; PARKS, 1983; THANASSOULIS, 1993; ROSEN et al., 1998; CHEN; ZHU, 2004; HAAS, 2003; HALKOS; SALAMOURIS, 2004; SMIRLIS et al., 2006; ZERE et al., 2006; NATHANAIL, 2008; MANOHARAN et al., 2009; VASQUEZ-ROWE et al., 2012; PELONE et al., 2015; PARMAN et al., 2017):

- Permite uma avaliação e comparação objetiva entre empresas, levando em consideração não apenas as saídas, mas também as entradas;

- Fornece uma pontuação objetiva única;
- Pode lidar com várias entradas e saídas simultaneamente;
- Permite a combinação com outro método para potencializar a análise;
- A fronteira eficiente pode representar um *trade-off* mais eficiente entre as múltiplas medidas de desempenho de entrada e saída;
- Produz metas para empresas (DMU) ineficientes;
- Possibilita um número alto de DMU para avaliação simultânea;
- Permite a identificação de qualquer desempenho ineficiente e sugerem melhorias que moveriam as DMU atualmente abaixo da fronteira para a fronteira eficiente;
- Como é uma abordagem não paramétrica, o DEA não está vinculado à distribuição normal de entrada e saída das variáveis.

Baseando-se em argumentos citados na literatura sobre o tema gestão estratégica e avaliação de desempenho, a implementação do BSC é indicada, por exemplo, para superar e reduzir o número de falhas em atividades de gestão de PME, por meio da observação dos principais indicadores (MONK, 2000). Os sistemas de avaliação de desempenho, projetados e usados adequadamente, são essenciais para o funcionamento eficaz da organização. Entretanto, considerando algumas desvantagens dos métodos tradicionais, é necessário desenvolver novos procedimentos de avaliação (JOHNES, 2006; MILLER et al., 2019).

Segundo Lin (2015) o desenvolvimento de um BSC pode ser uma prática eficaz para as PME aumentarem os lucros gerenciando as métricas importantes. À luz da literatura, alguns fatores críticos, que contribuem para a sobrevivência a longo prazo de uma organização, são comuns às PME nos países em desenvolvimento; sendo dois principais: os custos operacionais e o acesso a recursos financeiros (NUNTSU et al., 2004). Neste sentido, em busca do crescimento sustentável, o BSC pode ser útil para gestores de PME quando é capaz de alinhar a organização com seus objetivos estratégicos (AYVAZ; PEHLIVANL, 2011). Com isso, as medidas podem ser quantificadas e usadas para acompanhar a evolução da performance de uma organização, conceituando-se como indicadores de desempenho (FERNANDES et al., 2006). Assim, as PME devem se concentrar apenas nos indicadores essenciais ao implementar o BSC, em vez de simplesmente aumentar o número de indicadores (NG; KEE 2012; TEMTIME; PANSIRI 2004).

Na ótica de Memari et al. (2014), o BSC pode ser integrado ao DEA, decompondo-se em três níveis: no primeiro nível, tem-se os objetivos estratégicos (objetivo de eficácia), no nível secundário, busca-se otimizar o uso de recursos para gerar os resultados necessários

(objetivo de eficiência) e por fim, no terceiro nível, almeja-se equilibrar os diferentes aspectos dos negócios no que diz respeito às relações causais entre perspectivas (meta). Essa categorização reforça que a viabilidade de se utilizar os indicadores da abordagem BSC como variáveis de entrada e saída no DEA. No modelo DEA, os indicadores de desempenho individuais podem ser divididos em dois grupos: medidas de entradas e métricas de saídas. Assim, é possível identificar e comparar a eficiência de cada DMU dentro do setor em consideração (HORVÁTHOVÁ et al., 2019).

No presente estudo, optou-se por analisar o comportamento das DMU a partir do modelo orientado à entrada (BCC-input). Com esse direcionamento, o desempenho é analisado em função dos recursos alocados no início do processo e tem-se a possibilidade de uma série de análises secundárias; todas fornecendo uma visão mais profunda do desempenho na entrada e apontando possíveis melhorias.

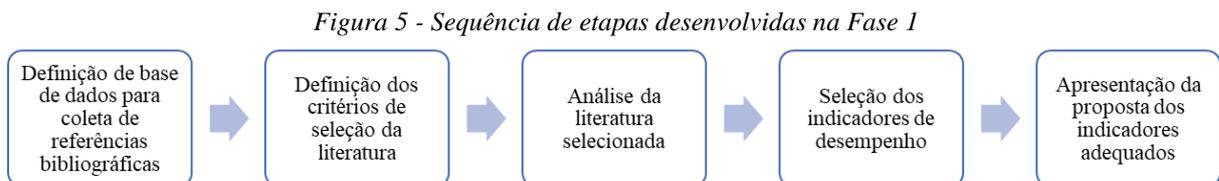
Todas as etapas necessárias ao cumprimento dos objetivos propostos por este trabalho, são detalhadas no Capítulo 3, o qual destaca as principais fases da metodologia da pesquisa.

### 3 METODOLOGIA

Para desenvolvimento do presente estudo, duas fases foram vivenciadas, cada uma com etapas definidas. Na primeira fase, foi realizada uma revisão bibliográfica para a obtenção dos indicadores de desempenho adequados para as empresas do APL de Gesso pernambucano; na segunda fase, os dados associados aos indicadores foram submetidos ao modelo DEA-BCC.

#### 3.1 Fase 1

A presente fase apresenta resultados de uma pesquisa bibliográfica, tendo como objetivo a exploração de alternativas e situações que agreguem valor a discussão sobre o tema de relevância. Com isso, a pesquisa explorou trabalhos acadêmicos publicados nacionalmente e internacionalmente para apresentar indicadores de desempenho adequados ao contexto das PME do APL de Gesso de Pernambuco. A Figura 5 apresenta as etapas vivenciadas para o cumprimento dessa fase.



*Fonte: Esta pesquisa (2019)*

Com base na Figura 5, é possível descrever as atividades baseados na contribuição metodológica do estudo.

##### 3.1.1 Definição de base de dados para coleta de referências bibliográficas

Nessa etapa inicial, foi realizada uma pesquisa de trabalhos acadêmicos em três acervos de caráter científico. As bases foram escolhidas em detrimento da facilidade de acesso ao acervo, da credibilidade atestada pela qualidade dos trabalhos publicados. Portanto, esse trabalho utilizou para coleta de referências bibliográficas, a base de periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), na base de dados *Web of Science* e na biblioteca eletrônica *Scientific Periodicals Electronic Library (SPELL®)*, espaços reconhecidos como tradicionais para pesquisa e acesso a conteúdo de caráter técnico-científico.

### 3.1.2 Definição dos critérios de seleção da literatura

Com o intuito de garantir a qualidade e assegurar rigor metodológico da presente revisão, foram estabelecidos como critérios para enquadramento dos trabalhos selecionados, sendo:

- Qualidade da base de dados, ou seja, a confiabilidade e segurança da informação intrínsecas ao portal de dados no qual os arquivos estavam indexados;
- Limite de tempo: foram selecionados artigos publicados entre 2000 e 2019;
- Idioma original da publicação, onde foram selecionados artigos escritos em inglês, português, francês e/ou espanhol;
- Setor de aplicação, que nesse caso, restringe-se ao de mineração e/ou beneficiamento do minério.

Para filtrar os arquivos que pudessem contribuir com o presente trabalho, palavras chave que remetiam ao tema “gestão estratégica no setor de mineração” foram utilizadas na seleção dos documentos. Assim, na base de periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), foram inseridos termos em combinação, ou seja, no campo destinado a “assunto”, na opção “busca avançada” introduziu-se dupla de palavras como: Indústria de gesso, Gesso, Gestão estratégica, Indústria de mineração, mineração, *Balanced Scorecard* e Indicadores de desempenho. Nas bases de dados *Web of Science* e *Scientific Periodicals Electronic Library* (SPELL®) foram inseridas palavras como: *gypsum industry*, *gypsum*, *mining industry*, *mining*, *Balanced Scorecard*, *BSC*, *Strategic management*, *Key Performance Indicator*, KPI. A pesquisa foi realizada marcando a opção de restringir os resultados por idioma e tipos de documentos, selecionando então trabalhos em inglês e do tipo “*Article*”. Em todas as plataformas foi-se definido como intervalo de “período de publicação” os últimos 19 anos, isto é, trabalhos escritos e/ou publicados a partir de 2000.

### 3.1.3 Análise da literatura selecionada

A partir dos trabalhos encontrados, submetidos à triagem na etapa anterior, foi feita leitura do resumo e palavras-chave dos trabalhos para averiguar o enquadramento dos mesmos no escopo da presente pesquisa. Os documentos que apresentaram contribuição para o estudo, foram devidamente triados para composição do Capítulo 4.

### 3.1.4 Seleção dos indicadores de desempenho

Tendo como a base os trabalhos selecionados, pôde-se apontar indicadores de desempenho a serem conciliados ao APL de Gesso de Pernambuco. Ressalta-se que essa seleção

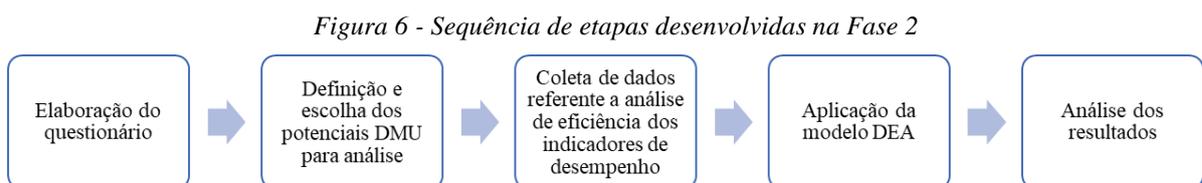
compreende as quatro perspectivas do BSC: financeira, cliente, processos internos e aprendizagem e crescimento. Vale destacar que cada indicador foi validado junto a um especialista no processo fabril do gesso e com isso garantir maior proximidade com a realidade enfrentada pelas empresas do APL.

### 3.1.5 Apresentação da proposta dos indicadores adequados

Nessa etapa, os indicadores extraídos das referências selecionadas foram categorizados em função das perspectivas do BSC, isto é, enquadrados em uma das quatro perspectivas: perspectiva financeira, de processos internos, do cliente, e de aprendizagem e crescimento. Salienta-se que, foram considerados os indicadores mais oportunos para as empresas da região e elaborada uma discussão sobre esses, tendo em vista as particularidades do APL de Gesso, mencionadas no Capítulo 2.

## 3.2 Fase 2

De posse das informações relativas aos indicadores de desempenho, obtidos pelos questionários elaborados e enviados às empresas do APL em Pernambuco, essa fase buscou analisar a eficiência das DMU com base nas métricas definidas. Para tal empregou-se a metodologia proposta pela abordagem DEA. Foram cinco fases, de acordo com a Figura 6, executadas para cumprir o propósito de determinar o desempenho da amostra de DMU.



*Fonte: Esta pesquisa (2019)*

### 3.2.1 Elaboração do questionário

A partir do conhecimento sobre os indicadores necessários para avaliação de desempenho em indústrias de mineração, coletados na Fase 1 da pesquisa, pôde-se construir o questionário, subdividido em cinco grupos de questões, dos quais quatro representavam os quesitos ligados às perspectivas do BSC (cliente, financeira, processos internos, aprendizado e crescimento) e um com dados gerais da empresa, tais como tempo de atuação, localização e produtos comercializados. A estruturação do grupo de quesitos encontra-se no APÊNDICE A, onde pode-se consultar a listagem de perguntas por perspectiva, assim como um grupo de questões acerca de “Dados gerais” da empresa. O contato com as organizações foi feito via

correio eletrônico e telefone para posterior encaminhamento dos questionários para as empresas do APL.

### 3.2.2 Definição e escolha dos potenciais DMU para análise

Para esse estudo, a amostra foi definida por conveniência. As unidades organizacionais (DMU) analisadas pelo método DEA foram selecionadas, de modo que atendessem a regra primordial da metodologia, isto é, organizações que pertencem a um conjunto homogêneo, tendo as mesmas características operacionais. No APL, encontram-se três grandes grupos de empresas que trabalham com o beneficiamento da gipsita: as mineradoras, as calcinadoras e as empresas fabricantes de artefatos de Gesso em geral. Sendo, desse grupo, as calcinadoras como maior número de registros jurídicos ativos na região. Nesse caso, por questões de facilidade no acesso e contato, assim como considerando o fato de que a maioria das empresas atuantes no APL são calcinadoras, foi-se definido como conjunto homogêneo de empresas as calcinadoras que se enquadram como PME.

### 3.2.3 Coleta de dados referente a análise de eficiência dos indicadores de desempenho

A partir da localização das empresas, fornecida pelos órgãos públicos, como JUCEPE e SEFAZ-PE. Foram contatadas quarenta e cinco (45) empresas, das quais vinte e duas (22) localizadas em Araripina-PE, quatorze (14) em Trindade-PE, seis (6) em Ouricuri – PE, duas (2) em Ipubi – PE, uma (1) em Bodocó-PE. Desse conjunto de empresas, trinta e cinco por cento (35%) delas, ou seja, dezesseis (16) retornaram o contato com os dados preenchidos. No questionário foram incluídos quesitos que permitiam o formato de dados qualitativos e, em sua maioria, quantitativos. Com os dados coletados, foi feita a tabulação dos mesmos em planilha do *software* Microsoft Excel<sup>®</sup>. Esse registro foi imprescindível para a formatação de dados para a submissão dos dados de *input* e *output* ao *software* DEA.

### 3.2.4 Aplicação da modelo DEA

Nessa fase, fez-se a aplicação do DEA sobre os indicadores de desempenho selecionados. Definiu-se como modelo para o estudo, o DEA-BCC (BANKER et al., 1984), também chamado de Retorno Variável de Escala (VRS - *Variable Returns to Scale*). Ainda foram definidos, nessa fase, os inputs e outputs do processo. Além disso, como orientação do modelo, definiu-se o *input*. A partir dos indicadores achados na literatura, cada um foi classificado como *input* ou *output*, apresentados no Quadro 2.

### 3.2.5 Análise dos resultados

Nessa fase obteve-se os diagnósticos sobre desempenho da amostra coletada. Para isso, os dados foram submetidos ao *Software for Data Envelopment Analysis* (SDEA®) versão 1.0.1.22. Trata-se de um *software* gratuito para *download* desenvolvido pelo Núcleo de Pesquisa em Eficiência, Sustentabilidade e Produtividade (NESP) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) no ano de 2015.

Considerando a necessidade de elencar indicadores de desempenho que sejam pertinentes ao contexto do setor de mineração, buscou-se na literatura informações sobre essas métricas. As informações coletadas foram analisadas para cumprir o propósito de entender o estado da arte quanto a indicação e utilização de indicadores de desempenho nas PME. Logo, no Capítulo 4, será abordada a contextualização sobre a Gestão Estratégica de Pequenas e Médias Empresas do APL de Gesso de Pernambuco, assim como a identificação de indicadores de desempenho propícios para o segmento, considerando a proposta do BSC.

## **4 IDENTIFICAÇÃO DE INDICADORES DE DESEMPENHO PARA PME DO APL DE GESSO DE PERNAMBUCO**

Neste Capítulo será apresentada a oportunidade do desenvolvimento de uma revisão bibliográfica, a partir da contextualização da problemática em estudo. Dessa forma, serão consideradas as diretrizes da metodologia proposta para obtenção de indicadores de desempenho adequados às PME do APL de Gesso pernambucano.

### **4.1 Análise de documentos e seleção da literatura relevante**

A seleção da literatura de relevância obedece aos critérios estabelecidos previamente. Em primeira instância, foram selecionados 162 documentos, considerando as três bases científicas consultadas. Em seguida, o procedimento de triagem foi estabelecido com a leitura dos títulos e resumos dos documentos. Aqueles que não apresentavam indicadores para a avaliação de desempenho de indústrias de mineração e beneficiamento do gesso, foram eliminados, sendo considerado um total de quarenta e um (41) documentos excluídos da amostra. Em adição, também foram excluídos os trabalhos duplicados, somando nessa categoria dezoito (18) referências. Dos cento e três (103) artigos restantes, setenta e dois (72) documentos indicavam informações redundantes e/ou que não contribuíam de fato para esta pesquisa devido a não delimitação ao escopo estabelecido. Contudo, trinta e um (31) artigos apresentaram contribuições plausíveis ao presente estudo.

A partir da leitura das 31 referências selecionadas, foi possível elencar indicadores e defini-los para o contexto das PME do APL de Gesso. Para isso, considerou-se as dificuldades encontradas no APL, citadas na Subseção 2.2, como oportunidades para associá-las com esses indicadores para averiguar, de fato, o desempenho dessas organizações. Em conformidade com o objetivo proposto, os indicadores foram categorizados com base nas perspectivas do BSC.

O Quadro 1 apresenta os resultados obtidos da revisão bibliográfica, destacando métricas compatíveis com a realidade das PME do APL de Gesso pernambucano e oferecendo significativas diretrizes para a gestão estratégica dessas empresas.





## 4.2 Análise sobre a Revisão da Literatura

Considerando os trabalhos selecionados e identificados no Quadro 1, esta seção reúne o resultado da revisão literária baseada nas trinta e uma (31) referências analisadas. Para isso, a análise é feita seguindo a divisão proposta pelas quatro perspectivas do BSC.

### 4.2.1 Indicadores para a Perspectiva Financeira

No Quadro 1, a perspectiva financeira pretende responder sobre as expectativas dos principais *stakeholders* do setor de mineração e extração de gipsita. Para priorizar as estratégias da organização é natural que as empresas analisem o quadro financeiro para verificar o atendimento às expectativas dos *stakeholders* e também comparar os resultados econômico-financeiros com os objetivos da empresa, e com isso, manter o negócio rentável.

O que os acionistas financeiros esperam da empresa, é um dos questionamentos proposto pelo pilar financeiro e que, a partir de métricas tradicionais citadas na literatura, pode ser respondido, conforme afirmam diversos autores, como Al Sawalqa et al. (2011). Consoante a este fato, Fouladgard et al. (2011) apontam em seu estudo, métricas necessárias para avaliação de desempenho financeiro da organização, como: “Custo total de pessoal”, “Quantidade média de vendas” e “Custo de transporte”.

Kijewska (2016) reforça a citação da métrica de cunho financeiro comumente empregada nas organizações, intitulada “Retorno sobre o investimento” e Purnamasari et al. (2014) complementam ao citar o indicador de “Redução percentual nas despesas operacionais” como possíveis de implementar em operações administrativas de mineração. “Investimento médio destinado a infraestrutura” e “Investimento médio destinado a equipamentos” são práticas importantes para fomentar o desempenho das operações e, conseqüentemente, atrair melhores resultados financeiros, assim apontam Hajkowicz et al. (2011), Dorin et al. (2014), Vitalieвна e Mihailovna (2015) e Mutingi et al. (2016).

### 4.2.2 Indicadores para a Perspectiva dos Processos Internos

Do ponto de vista da perspectiva de processos internos, o Quadro 1 apresenta um conjunto de indicadores que remetem a práticas ambientais do setor de exploração da Gipsita. Isto é derivado, segundo Aznar-Sánchez et al. (2018), da crescente conscientização mundial sobre a necessidade de tratar adequadamente os impactos oriundos da atividade de mineração e proteger o meio ambiente, o que levou a um aumento significativo na pesquisa acerca do campo da

sustentabilidade, destacando as atenções para a geração de satisfação dos clientes, sistema de entrega mais eficiente ou de melhoria contínua.

Porém, uma observação importante deve ser dada a quantidade de indicadores que remetem a práticas ambientais do setor. Isto é derivado, segundo Aznar-Sánchez et al. (2018), da crescente conscientização mundial sobre a necessidade de tratar adequadamente os impactos oriundos da atividade de mineração e proteger o meio ambiente, o que levou a um aumento significativo na pesquisa acerca do campo da sustentabilidade das operações. Logo, indicadores como “Quantidade de ações (ou padrões) de promoção de desenvolvimento sustentável”, “Investimento em projetos e tecnologias ambientais”, “Volume de produção de resíduos (ou rejeitos)”, “Demanda média por energia”, “Quantidade de iniciativas para reduzir o consumo de energia”, são citados nas referências como medidas importantes para o setor (AZAPAGIC, 2004; BASU; KUMAR, 2004; BLACHOWSKI et al., 2018; MUDD, 2012; PURNAMASARI et al., 2014; WILSON et al., 2015; DOUGALL; MMOLA, 2015).

Esses indicadores, que remetem a sustentabilidade das operações, concordam com as dificuldades do APL em adotarem ações que mitiguem o impacto ambiental, sendo um dos problemas inerentes a esse setor. Toniolo et al. (2005) e Sá et al. (2007) apontam o uso de matrizes energéticas que degradam o ambiente como uma ação que deve ser revista em prol da sustentabilidade das operações e produtos, em concordância com Araújo (2013), observando ainda que há uma ineficiência energética na região, o que acarreta dentre outras coisas, na geração de alto custo para o negócio (SINDUSGESSO, 2014; ROLIM et al., 2014).

Por outro lado, medidas relacionadas com a saúde do trabalhador também são notadas nas referências pesquisadas. Salienta-se que há uma deficiência na estruturação da vigilância à saúde do trabalhador, conforme apontam Medeiros et al. (2010). Por isso, as métricas ligadas à temática merecem atenção das organizações. Cita-se, como indicadores úteis: “Quantidade de registro de afastamento por doença ocupacional”, “Criação de oportunidades temporárias”, “Acidentes de trabalho registrados”, de acordo com Coleman e Kerkering (2007), Fouladgar et al. (2011), Dougall e Mmola (2015), Hermanus (2007), Gibson e Klinck (2005), Kitula (2006) e Napitu (2017). Todos podem servir de reflexo para avaliar a dificuldade das empresas em termos de melhoria da eficiência das operações e como solução para buscar incrementar tecnologias ao processo produtivo, sendo esse último ponto uma dificuldade das organizações do APL, apontada por Arruda e Silva Filho (2018).

Portanto, percebe-se que a escolha dos índices adequados para esta ótica é importante, sobretudo devido ao fato de que, para atender bem ao cliente e gerar satisfação, por exemplo, a organização deve se concentrar no processo interno de desenvolvimento de um sistema de

entrega mais eficiente ou de melhoria contínua do sistema usado atualmente. Para isto, é fundamental a realização de uma análise interna efetiva para poder avaliar os processos internos da organização e ao mesmo tempo, buscar a inovação e a sustentabilidade do negócio (BOSE; THOMAS, 2007).

#### 4.2.3 Indicadores para a Perspectiva dos Clientes

Em relação a perspectiva cliente, espera-se que sejam empregados indicadores que englobem os objetivos relacionados a resultados de vendas e marketing. Um dos fatores de maior impacto no setor de exploração de Gipsita é a necessidade de melhoria na eficiência dos sistemas de comunicações para suporte à comercialização no setor. Caso esse entrave seja resolvido, as organizações poderão aumentar a efetividade da comercialização dos produtos e, com isso, alcançar melhores resultados em outras perspectivas também, como a financeira.

Em relação a tal perspectiva, espera-se que sejam empregados indicadores que englobem os objetivos relacionados a resultados de vendas e marketing. Tendo ciência dessa consideração, pôde-se notar na literatura indicadores dessa lacuna, como: “Quantidade de reclamações”, “Porcentagem de vendas perdidas ou canceladas pelo cliente”, “Volume de novos produtos vendidos”, “Quantidade de pesquisas de satisfação”, “Aumento no número de novos clientes na região” e “Adesão percentual ao cronograma de entrega”, de acordo com os trabalhos de Fouladgar et al. (2011), Lotfi et al. (2013), Modak et al. (2017), Vitalievna e Mihailovna (2015) e Napitu (2017).

Niven (2002) comenta que a seleção de medidas para esta perspectiva dependerá, a princípio, do tipo de cliente no qual a empresa negocia e do valor que a organização fornece a ele. Para Farooq e Hussain (2011), a perspectiva do cliente tem como intuito focar nos consumidores e mercados-alvo, e com isso, torna-se possível que as organizações criem estratégias consistentes com o tipo de clientes que desejam atrair.

#### 4.2.4 Indicadores para a Perspectiva do Aprendizado e Crescimento

Observando a quarta perspectiva, que remete ao aprendizado e crescimento, os indicadores apresentados pelo Quadro 1 referem-se ao número de programas de treinamento e capacitação de colaboradores, *turnover*, porcentagem de absenteísmo, índice de satisfação do emprego, evolução real média dos salários, produtividades médias por funcionário e por turno, e horas extras de trabalho de funcionários. De acordo com Garvin et al. (2008), o ato de aprender na organização tem como base um ambiente que suporta a aprendizagem de todos os membros. Nesse sentido, Rebelo e Adelino (2011) reforçam que a cultura organizacional, direcionada para

o aprendizado e desenvolvimento de colaboradores, acarreta na difusão de conhecimento novo e útil e, com isso, formas inovadoras de resolução de problemas e otimização de processos surgem.

Essas métricas são importantes contribuições para a dificuldade identificada pelo Sindicato da Indústria do Gesso do Estado de Pernambuco, o SINDUSGESSO, em qualificar a mão de obra local. A partir desse pilar pode-se analisar a capacidade dos funcionários, a qualidade sistemas de informação e os efeitos do alinhamento organizacional no apoio à realização dos objetivos organizacionais. Além disso, as práticas associadas à aprendizagem e crescimento são direcionadas a uma estratégia para aumentar a capacidade da organização através de seus funcionários, conforme apontam Thompson e Mathys (2008).

A partir da proposta apresentada pelo Quadro 1, pode-se considerar objetivos estratégicos que incentivam a melhoria da produtividade, satisfação do cliente, consolidação da participação de mercado e desempenho financeiro positivo das empresas atuantes no APL de Gesso de Pernambuco. Com base nessa proposta, as empresas do APL de Gesso podem focar em métricas para adequarem o processo de inovação das empresas, através da implementação de ações pontuais nos processos operacionais internos. Em paralelo, são incentivados a darem atenção à satisfação dos colaboradores e melhorar o desempenho em termos de aprendizagem e crescimento das organizações.

### **4.3 Considerações do Capítulo**

Com base nos resultados alcançados pelo primeira fase do estudo, tem-se uma significativa contribuição no campo de estudo da análise estratégica de desempenho de indústrias do segmento de mineração. Ademais, verifica-se a oportunidade de abordar quantitativamente os indicadores das quatro perspectivas do BSC.

Os sistemas tradicionais de medição de desempenho estão conectados à eficiência que é alcançada em um nível operacional, mas nem sempre são capazes de refletir, isoladamente, o comportamento da organização a longo prazo. O gerenciamento da empresa determina os objetivos e os recursos necessários para atingir as metas estabelecidas, incentivando a cooperação mútua dos colaboradores para alcançar resultados e, conseqüentemente, poder comparar os resultados obtidos com os planejados. Nesse sentido, o BSC enfatiza também os ativos não materiais como base para a implementação bem-sucedida da estratégia.

Isto posto, os indicadores de desempenho da indústria de mineração listados no Quadro 1 podem ser convertidos para o contexto das PME do Arranjo Produtivo Local de Gesso de Pernambuco. A proposta é torná-los adequados para a realidade local do APL, com destaque

aos processos de produção e gestão. Quando considerando o BSC nesse contexto, pode-se facilitar a definição da estratégia em termos operacionais, correspondendo aos indicadores elencados em cada perspectiva.

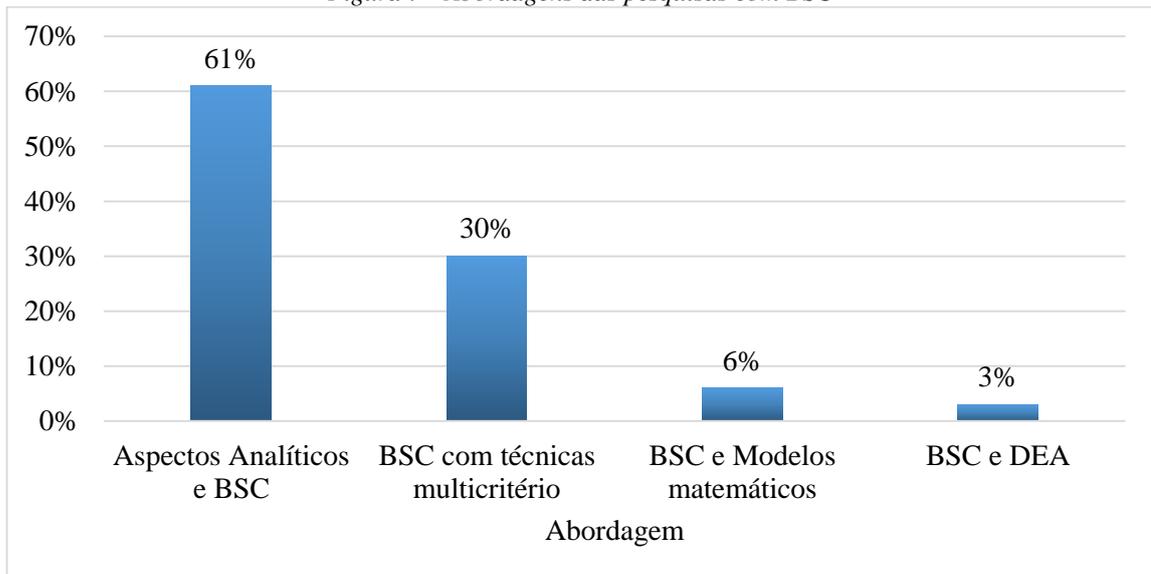
A metodologia de gerenciamento da estratégia, como o BSC, é um sistema de natureza interativa (SIMONS, 1995). Isso faz com que essas informações geradas tornem-se uma agenda importante e recorrente, abordada pelos mais altos níveis de gestão das empresas do APL. Além disso, pode ser interpretado como um modo de controle interativo, que exige atenção regular dos gerentes operacionais em todos os níveis da organização. Por outro lado, a abordagem pode ser vista ainda como uma catalisadora para o registro de dados subjacentes, suposições e planos de ação.

Em decorrência dessa análise, pode-se evidenciar algumas vantagens trazidas pela proposta do BSC para as empresas locais. Além de proporcionar à administração o controle das dimensões estratégicas, é capaz de fortalecer o aprimoramento no relacionamento com os clientes e permitir a criação de oportunidades de aprendizado sistemático (concentrando-se em fatores críticos de sucesso para a organização). Essa proposta traduz a missão e a estratégia da organização em ações concretas, através do conjunto de indicadores que informam os objetivos e as causas que motivaram a comunicação interna, visão e melhoria do uso dos recursos disponíveis.

O BSC é uma ferramenta adequada e recomendada por diversos estudos para identificar e/ou selecionar um conjunto pertinente de indicadores e objetivos que reflitam a visão estratégica da organização, ajudando-as a atender às expectativas de seus *stakeholders*. Além disso, é capaz de articular os objetivos estratégicos e avaliar sua implementação, ou seja, transforma a missão e os objetivos estratégicos em ações, permitindo melhorias na qualidade dos serviços prestados e *feedback*, e aprendizado contínuos. Assim, como apontam Kaplan e Norton (2000) o BSC representa um equilíbrio entre medidas externas relacionadas à acionistas e clientes e medidas internas relacionadas a processos críticos, como inovação, aprendizado e crescimento. Além dos tradicionais indicadores de desempenho citados na revisão da literatura, em complemento, foi analisado o aspecto quantitativo da aplicação do BSC, o que reforça a importância de integração com metodologias como a DEA.

Segundo a revisão da literatura proposta por Asgari e Darestani (2017), a combinação do BSC com a DEA representa aproximadamente 3% das pesquisas publicadas, sendo uma lacuna e ao mesmo tempo uma oportunidade de intervenção e aprimoramento dessa integração (DEA-BSC). Em comparação com as demais abordagens, trata-se de uma integração ainda pouco estudada, conforme ilustra a Figura 7.

Figura 7 - Abordagens das pesquisas com BSC



Fonte: Adaptado de Asgari e Darestani (2017)

O desempenho operacional e, conseqüentemente a eficiência e a eficácia internas, poderão ser melhoradas se a empresa for vista de forma holística, como um sistema coordenado de processos de negócios mutuamente interligados e interdependentes. Portanto, a avaliação de desempenho por meio de ferramentas integradas é relevante e demonstra-se uma forma de unir as potencialidades das metodologias em favor da problemática levantada.

No caso das empresas do APL do Gesso em Pernambuco, a avaliação da performance pode ser medida através de uma avaliação direcionada, que é crucial para identificar as áreas prioritárias para a implementação de medidas efetivas e as áreas para possíveis melhorias. O modelo DEA é capaz de cumprir tal objetivo. O método indicado atende simultaneamente à necessidade de envolver vários indicadores de entrada e saída no processo de avaliação da eficiência e obter uma única medida de desempenho, gerando informações úteis ao processo de *benchmarking*, por exemplo.

## 5 ANÁLISE ENVOLTÓRIA DE DADOS NO CONTEXTO DO APL DO GESSO EM PERNAMBUCO

Nessa seção serão apresentados os resultados obtidos pela metodologia da DEA. Para isso, serão discutidos os dados coletados, considerando o perfil da amostra de dezesseis (16) DMU além da exposição dos *scores* de desempenho para cada item da amostra, considerando o modelo BCC-input. Além da eficiência clássica, calculada pelo modelo DEA original, obteve-se também os valores de eficiência invertida, composta e composta normalizada. Essa proposta é possível porque as DMU do APL são mutuamente comparáveis, ou seja, consumindo as mesmas entradas e criando as mesmas saídas. Assim, pode-se associar a estrutura axiomática do DEA com o *framework* dado pelo BSC, fornecendo indicadores para análise de desempenho das empresas do APL de Gesso pernambucano.

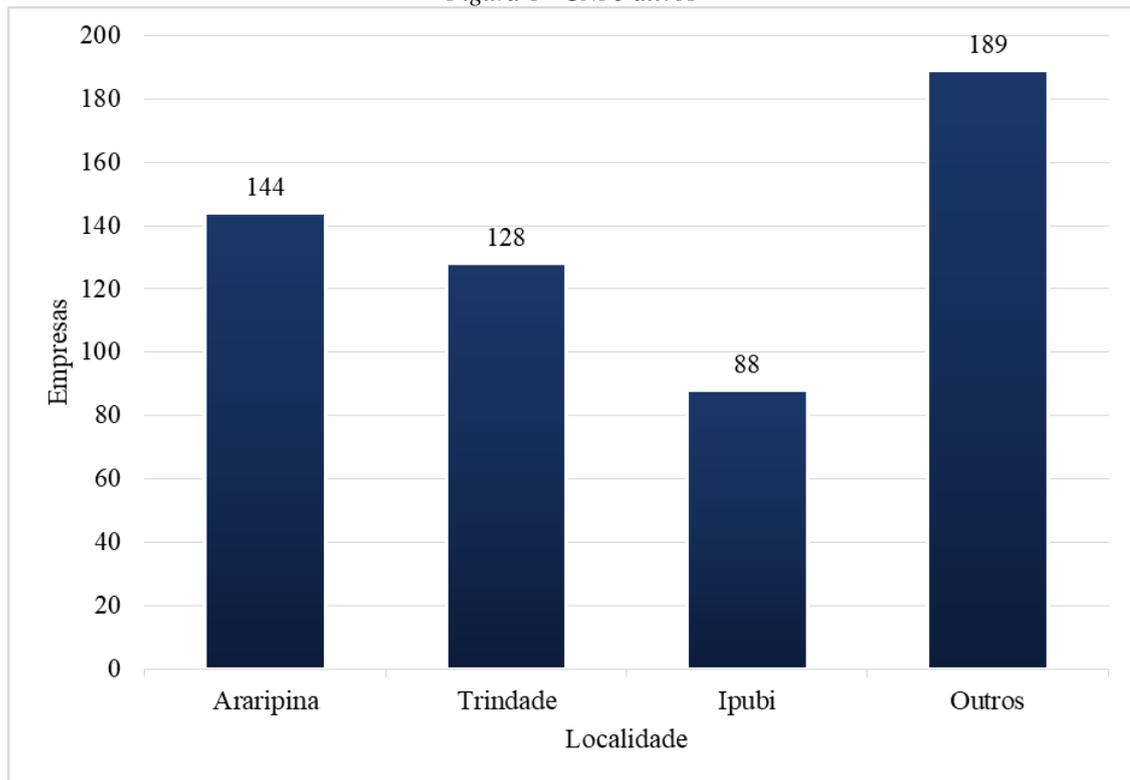
As considerações desse capítulo são fundamentadas no fato de que os gestores das empresas buscam ferramentas e técnicas adequadas para investigar o custo dos produtos e/ou serviços ofertados, além de buscar informações de mercado, custos operacionais, analisar as necessidades e desejos dos clientes, prever e avaliar o desempenho organizacional, bem como garantir vantagem competitiva nas atividades de produção (JUNG et al., 2008). E é nesse cenário que o desempenho organizacional se torna uma questão central na vertente sobre gerenciamento estratégico. Isto é, o desempenho da organização está inteiramente atrelado a estratégia corporativa (LEONARD; MCADAM, 2003; ALDEHAYYAT et al., 2011).

### 5.1 Considerações sobre a amostra

Para a presente pesquisa foi definido como conjunto homogêneo de DMU, as PME calcinadoras de Gesso. A escolha, se deu devido ao fato de que no APL as calcinadoras estão em maior número, quando comparadas com as mineradoras, o que facilita o acesso e contato para o estudo. Para atender a restrição definida, foi realizado um levantamento do número de empresas existentes no APL do Gesso em Pernambuco, delimitando-se aos municípios da Região do Araripe, que engloba Araripina, Bodocó, Exu, Bodocó, Ipubi, Moreilândia, Ouricuri, Santa Cruz, Santa Filomena e Trindade.

Com dados da Junta Comercial de Pernambuco (JUCEPE) e da Secretaria da Fazenda do Estado de Pernambuco (SEFAZ-PE), identificou-se o número de Cadastro Nacional da Pessoa Jurídica (CNPJ) ativos de empresas calcinadoras e mineradoras de gesso, conforme mostra Figura 8.

Figura 8 - CNPJ ativos

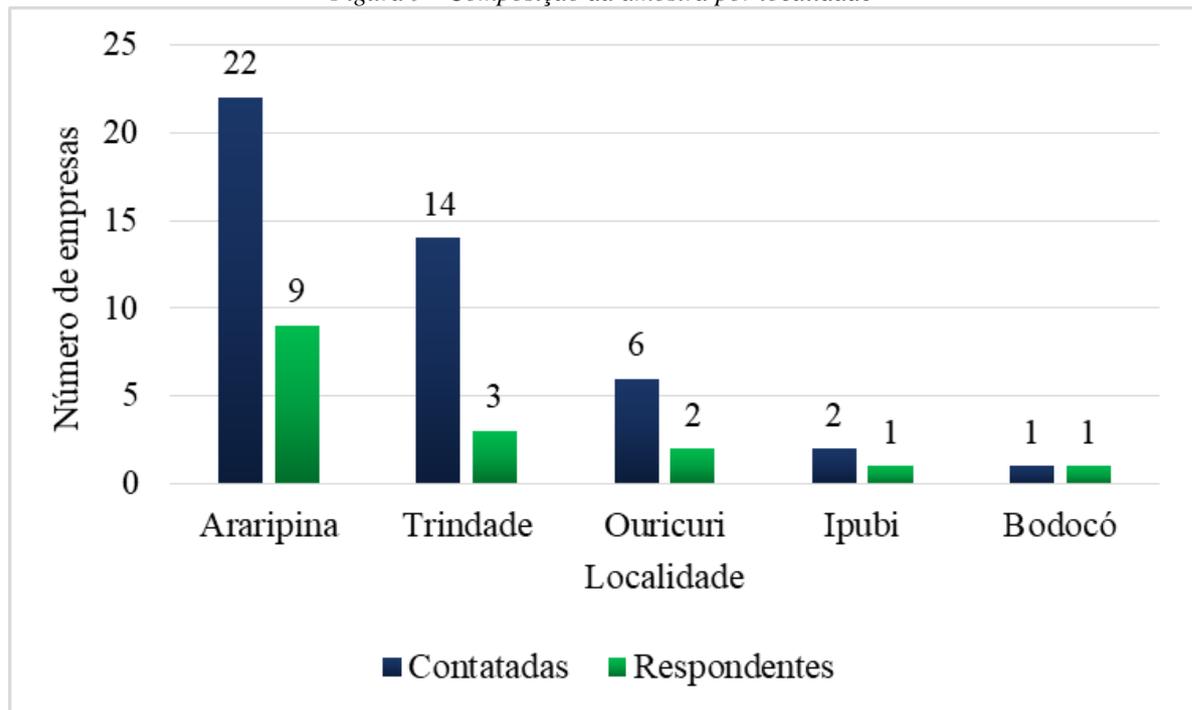


Fonte: Adaptado de Junta Comercial de Pernambuco (JUCEPE) e Secretaria da Fazenda do Estado de Pernambuco (SEFAZ-PE) (2019)

A maioria das empresas com registro jurídico ativo e que atuam no ramo de calcinação de gesso, estão situadas em Araripina – PE (35%) e Trindade –PE (23%). De posse dessas informações, as empresas ativas e que se enquadravam como PME foram contatadas para submissão à pesquisa, por meio do questionário com quesitos sobre os indicadores de desempenho e informações acerca do perfil estrutural da empresa. O questionário é apresentado no APÊNDICE A. Ao todo foram elencadas trinta e nove (39) perguntas, sendo cinco (5) acerca de dados gerais da empresa, seis (6) da perspectiva financeira, dezessete (17) associadas a processos internos, seis (6) do pilar cliente e cinco (5) da vertente de aprendizado e crescimento.

A partir da localização das empresas, fornecida pelos órgãos públicos, foram contatadas quarenta e cinco (45) entidades empresariais, das quais vinte e duas (22) localizadas em Araripina-PE, quatorze (14) na cidade de Trindade-PE, seis (6) em Ouricuri – PE, duas (2) no município de Ipubi – PE e uma (1) em Bodocó. Desse conjunto de empresas, trinta e cinco por cento (35%) delas, ou seja, dezesseis (16) empresas retornaram o contato com os dados preenchidos. Essas empresas representam as Unidades Tomadoras de Decisão (DMU) do modelo DEA adotado. A Figura 9 apresenta a distribuição das DMU (contatadas *versus* respondentes) por cidade.

Figura 9 - Composição da amostra por localidade



Fonte: Dados da pesquisa (2019)

Das demais localidades do APL do Gesso em Pernambuco não foi possível obter respostas das empresas. Em relação ao tempo de atuação no mercado, as empresas da amostra foram divididas em dois grupos, um com as empresas que possuem menos de 10 anos de funcionamento e outro grupo com as empresas que já atuam há mais de 10 anos. No grupo com menos de 10 anos, a amostra possui empresas de 4 a 8 anos de atuação. Por outro lado, no grupo com mais de 10 anos de funcionamento, há empresas de 10 a 14 anos.

Sobre o tipo de produto manufaturado por essas empresas, a maioria fabrica o gesso em pó, com destaque ao gesso revestimento (produto utilizado para o revestimento interno de paredes, alvenaria tradicional, pré-moldado de gesso, etc.), comercializando-o em sacos *standard* de 40 kg. Além do gesso de revestimento, a maior parte comercializa o gesso fundição; um gesso fino composto de gesso beta de alta qualidade destinado a fundição de pré-moldados de gesso como blocos, placas, elementos decorativos, dentre outros.

## 5.2 Definição dos inputs e outputs

Para submissão ao modelo DEA, os dados de entrada (*input*) e saída (*output*) foram definidos conforme indicação da literatura e adaptados à realidade do APL de Gesso em estudo. Para os indicadores de entrada (*input*), consideram-se todos aqueles que contribuem para o estado de transformação da matéria prima, ou seja, os recursos que são tratados, transformados ou convertidos de alguma forma. Isto é, o que é adicionado e/ou calculado no início do processo.

Por outro lado, como indicadores de saída (outputs), tem-se o composto de bens e serviços, observado quando concluído o processo de transformação na calcinadora. Ou seja, medidas associadas a produtividade do sistema.

Nesse caso, foram considerados indicadores relevantes para as operações das empresas calcinadoras, responsáveis pelo processo de transformação do minério de gipsita em gesso. Conforme apresentado no Quadro 1, os indicadores foram categorizados com base nas perspectivas do BSC. A lista de *inputs* e *outputs* é indicada no Quadro 2, construído com base na definição de Input e Output.

*Quadro 2 -Inputs e Outputs considerados para o modelo DEA*

<i>Inputs</i>	<i>Outputs</i>
Custo de transporte/frete	Quantidade média de vendas
Custo total de pessoal	Porcentagem de absenteísmo
Custo médio com despesas administrativas gerais	Produtividade por turno
Número de linhas de produção	Quantidade de ações (ou padrões) de promoção de desenvolvimento sustentável
Quantidade de máquinas para ensaque	Horas extras de trabalho de funcionários
Consumo mensal de Gipsita	Criação de oportunidades temporárias
Consumo de lenha	Volume de produção de resíduos
Quantidade de registro de afastamento por doença ocupacional	Toneladas processadas por hora
Acidentes de trabalho registrados	Quantidade de sacos processados por linha de produção
Porcentagem média de utilização da capacidade de produção	Volume de produtos vendidos
Quantidade de funcionários	Aumento no número de novos clientes na região
Número de programas de treinamento e capacitação de colaboradores	Cumprimento do prazo de entrega ao cliente
Número de fornos para calcinação	Quantidade de clientes ativos
Capacidade de britagem	Porcentagem de vendas perdidas ou canceladas pelo cliente
Investimento médio destinado a equipamentos	Quantidade de reclamações registradas
Investimento médio destinado a infraestrutura	
Investimento em projetos e tecnologias ambientais	

*Fonte: Esta pesquisa (2019)*

No total, foram considerados dezessete (17) indicadores de entrada (*input*) e quinze (15) métricas de saída (*output*), totalizando trinta e duas (32) medidas. Para garantir maior segurança na classificação dos indicadores, salienta-se que a listagem do Quadro 2 foi submetida à

validação por um especialista no processo produtivo do gesso. O mesmo atuou como consultor no APL de Gesso pernambucano de empresas mineradoras, e também calcinadoras, tendo, portanto, expertise suficiente para avaliar a construção do Quadro 2.

Com destaque, do ponto de vista de *inputs*, o consumo de gipsita e de lenha são indicadores relevantes. A gipsita, matéria prima para fabricação do gesso, passa por processos anteriores à calcinação, como britagem e moagem, e seu uso pode ser maximizado mediante a redução de desperdícios ao longo desses processos, como apontado no trabalho de Santos (2018). Por outro lado, o uso de lenha, combustível para o forno utilizado na etapa de calcinação, em muitos casos não é bem dimensionado. Isto significa que se usa mais lenha do que o necessário para calcinar a mesma quantidade de gipsita.

Nesse caso, fatores como a eficiência do forno, a manutenção do mesmo e o tamanho das peças de lenha inseridas no forno fazem diferença nesse cálculo. Por isso, essa métrica deve ser verificada a ponto de minimizar a quantidade empregada no processo, reduzindo conseqüentemente, o custo de fabricação de uma batelada, por exemplo. Atrelado ao uso de lenha e gipsita, a “Porcentagem média de utilização da capacidade de produção” apresenta importante contribuição para análise de eficiência, uma vez que reflete o uso adequado dos equipamentos dispostos na planta industrial, permitindo ainda que a organização utilize melhor os materiais e insumos na produção.

No tocante aos indicadores de saída, pode-se citar como significativos indicadores, a “Quantidade de sacos processados por linha de produção”, que pode apontar desvios entre produtividade de duas ou mais linhas de produção. Nesse caso, para as empresas que possuem mais de um forno para calcinação, pode-se verificar os níveis de produção de cada um deles. Essa medida contribui diretamente para outra métrica: “Toneladas processadas por hora”, e com isso, pode-se fazer ajustes que atendam ao Planejamento e Controle de Produção (PCP) local.

Salienta-se ainda que um dos indicadores da perspectiva de processos internos, o “Tipo de forno” foi excluído da listagem, tendo em vista que na amostra todas as DMU utilizam o forno tipo rotativo e, portanto, não contribuem para o comportamento dos resultados inerentes ao processo. À título de informação, esses fornos são assim chamados por caracterizarem-se por terem a forma de um tubo giratório, feitos de aço e material refratário, de grande extensão e com uma pequena inclinação.

Além dessa métrica, o “Tempo gasto para produção de uma batelada/lote de gesso” não foi incluído na listagem de indicadores. Isso ocorre tendo em vista que algumas empresas não possuem o registro, pois medem apenas o tempo de “fornada”, ou seja, o período no qual a Gipsita é submetida ao forno para calcinação, o que não representa a totalidade do tempo de

produção de uma batelada, que compreende ainda o tempo de britagem, tempo de moagem/peneiramento e ensacamento, por exemplo.

### 5.3 O software SDEA<sup>®</sup>

De posse da classificação dos dados de entrada e saída, utilizou-se no estudo o *Software for Data Envelopment Analysis* (SDEA<sup>®</sup>) versão 1.0.1.22 para avaliar o desempenho das DMU. Trata-se de um *software* desenvolvido pela equipe de desenvolvimento do Núcleo de Pesquisa em Eficiência, Sustentabilidade e Produtividade (NESP) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), com recursos da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) em parceria com Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG), no ano de 2015. O programa SDEA<sup>®</sup> está disponível para *download* gratuitamente, a partir de contato prévio com a equipe do NESP/UFMG. O *software* utiliza a metodologia DEA para o cálculo de escores de eficiência em DMU.

### 5.4 Aplicação do Modelo DEA-BCC

Com os dados tabulados em planilha do *software* Microsoft Excel<sup>®</sup>, pôde-se ordená-los no formato requisitado pelo *software* SDEA<sup>®</sup>. Essa etapa é necessária para que o programa reconheça a formatação dos dados e possa executá-los adequadamente, livre de erros e inconsistências.

Para o conjunto de dados disponíveis, optou-se por selecionar o modelo BCC orientado ao *input*, onde tal direcionamento é justificado na seção 2.4.4. Nesse caso, o modelo é capaz de determinar uma fronteira do tipo Retorno Variável de Escala (VRS) que considera os retornos crescentes e/ou decrescentes de escala na fronteira dita “eficiente”. Assim, o modelo considera que um acréscimo no *input* poderá promover um aumento no *output*, não necessariamente proporcional, podendo até mesmo haver um decréscimo.

No modelo BCC orientado ao *input*, o Problema de Programação Linear (PPL) é estruturado conforme a função objetivo representada por (4), além da Equação 5 e Equação 6.

$$\begin{aligned} & \text{Min } \theta & (4) \\ & \text{Sujeito a:} \end{aligned}$$

$$\theta x_{i0} - \sum_{k=1}^n x_{ik} \lambda_k \geq 0, i = 1, \dots, r \quad (5)$$

$$- y_{j0} + \sum_{k=1}^n y_{jk} \lambda_k \geq 0, j = 1, \dots, s \quad (6)$$

Onde, deve-se atender as seguintes condições, conforme (7) e (8):

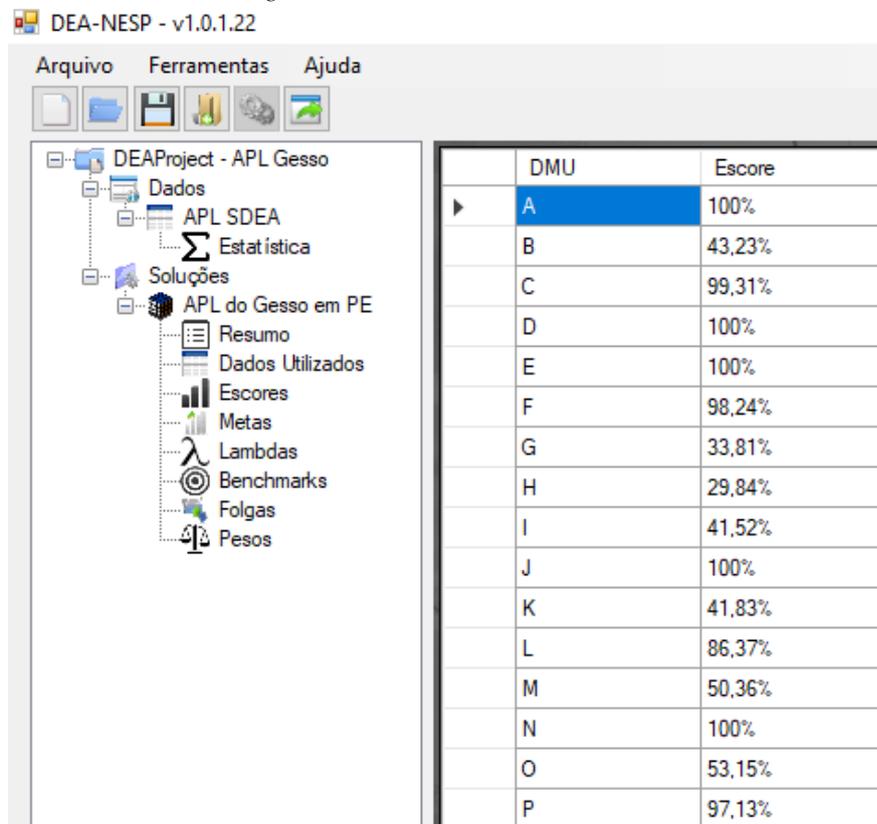
$$\sum_{k=1}^n \lambda_k = 1 \quad (7)$$

$$\lambda_k \geq 0 \forall k \quad (8)$$

Para o problema em questão, os  $\lambda$  representam os percentuais de representatividade entre as DMU e seus grupamentos (PASCHALIDOU et al., 2013). Ou seja, pode ser interpretado como um coeficiente de importância, que identifica os *benchmarks* para cada DMU ineficiente. Importante salientar que os valores dos  $\lambda$  devem somar um (1) e devem ser maiores ou iguais a zero (0), conforme restrições dadas nas em 7 e 8. O *software* SDEA<sup>®</sup> fornece essa informação, relevante no contexto da problemática de avaliação de eficiência. Os valores dos dados utilizados encontram-se no APÊNDICE D.

A partir da submissão dos dados relacionados aos parâmetros no *software* SDEA<sup>®</sup> obteve-se o resultado demonstrado pela Figura 10, relacionado ao *score* de cada DMU.

Figura 10 - Scores obtidos no SDEA<sup>®</sup>



DMU	Score
A	100%
B	43,23%
C	99,31%
D	100%
E	100%
F	98,24%
G	33,81%
H	29,84%
I	41,52%
J	100%
K	41,83%
L	86,37%
M	50,36%
N	100%
O	53,15%
P	97,13%

Fonte: Dados da pesquisa / SDEA<sup>®</sup> (2019)

Organizando as DMU em um *ranking* com a ordem de classificação das empresas de acordo com os *scores* de eficiência obtidos pelo modelo DEA, tem-se a Tabela 1. Nesse caso, o *score* de eficiência é representado pela letra grega  $\theta$ . O *score* apresentado representa a eficiência a partir da combinação dos parâmetros de entrada e saída no modelo BCC orientado ao input. O uso do modelo BCC orientado ao input justifica-se porque impõe mais flexibilidade de forma que a solução não seja restrita com retornos constantes de escala.

Tabela 1 - Ranking de DMU por Score

DMU	Posição	Score ( $\theta$ )
<b>A</b>	<b>1</b>	<b>1,000</b>
<b>D</b>	<b>2</b>	<b>1,000</b>
<b>E</b>	<b>3</b>	<b>1,000</b>
<b>J</b>	<b>4</b>	<b>1,000</b>
<b>N</b>	<b>5</b>	<b>1,000</b>
C	6	0,993
F	7	0,982
P	8	0,971
L	9	0,864
O	10	0,532
M	11	0,504
B	12	0,432
K	13	0,418
I	14	0,415
G	15	0,338
H	16	0,298

Fonte: Esta pesquisa (2019)

O DEA fornece uma pontuação de eficiência entre zero (0) e um (1) para cada DMU envolvida na análise. Conforme Tabela 1, nota-se que cinco (5) DMU (A, D, E, J, N), obtiveram *score* ( $\theta$ ) máximo, isto é, igual a um (1). Além dessas unidades, as DMU C, F, P e L possuem *score* próximo de um (1) mas ainda são classificadas como ineficientes e as DMU restantes apresentam valores de eficiência relativamente baixos ( $0,54 \geq \theta \geq 0,29$ ).

Portanto, formam-se dois conjuntos de DMU, o conjunto alfa,  $\alpha = \{A, D, E, J, N\}$  e o conjunto beta,  $\beta = \{C, F, P, L, O, M, B, K, I, G, H\}$ . Importante destacar que Banker et al. (1984) comentaram que uma DMU considerada eficiente no modelo BCC também será no modelo CCR, mas o contrário não ocorre.

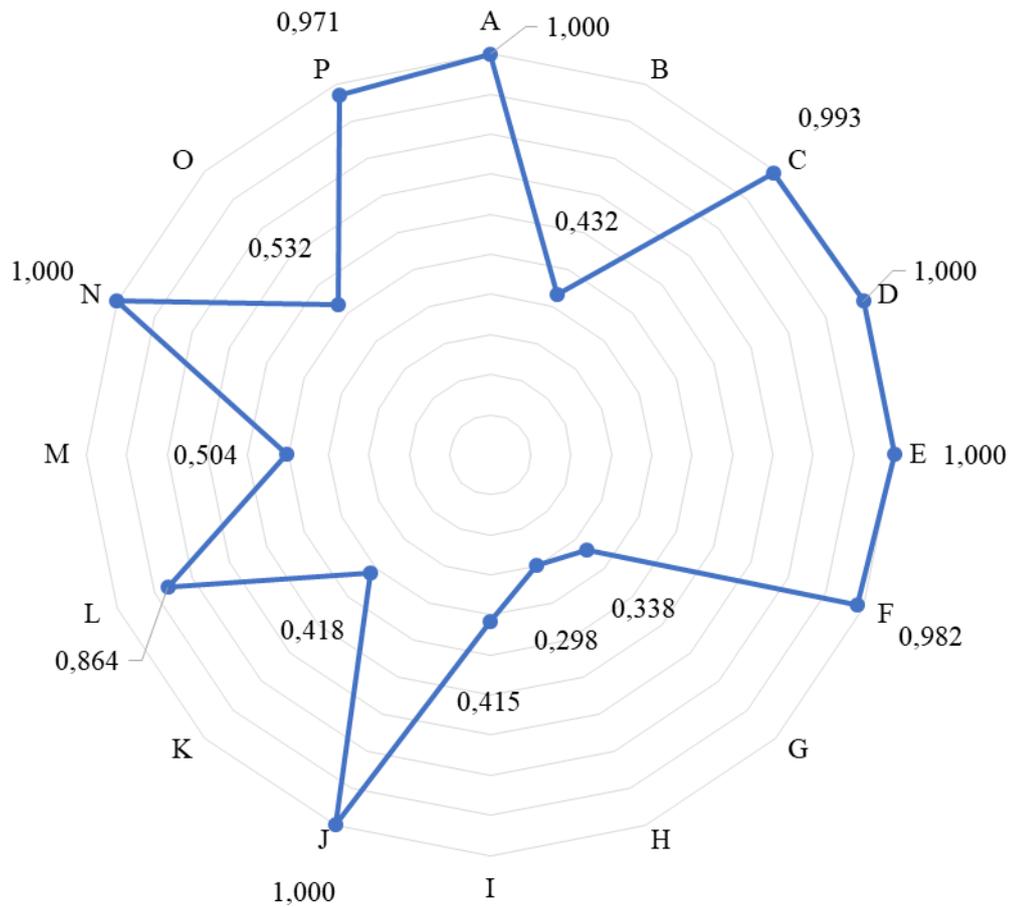
Deve-se ressaltar que as DMU submetidas ao estudo de desempenho são homogêneas, isto é, possuem as mesmas características operacionais, o que nesse caso são PME do ramo de calcinadoras, atuantes no APL em Pernambuco. Ou seja, as calcinadoras são caracterizadas pela utilização da mesma tecnologia, do mesmo conjunto de atividades, processos e objetivos de produção.

A seleção de entradas e saídas que são usadas para realizar a análise de eficiência é importante para a aplicação do método DEA, sendo um ponto crucial nesse tipo de avaliação. Logo, a apresentação de todos os parâmetros, considerados no estudo, com os respectivos valores resume-se no APÊNDICE C, onde é tabelado (Tabela 5) cada indicador (por ordem

alfabética) e indicado o respectivo valor mínimo e o valor máximo para o conjunto de DMU, além da média de cada parâmetro observado.

Observando o *score* de eficiência calculado, pôde-se gerar a visualização da posição das DMU em relação à fronteira de eficiência, como mostra Figura 11 e a Figura 12.

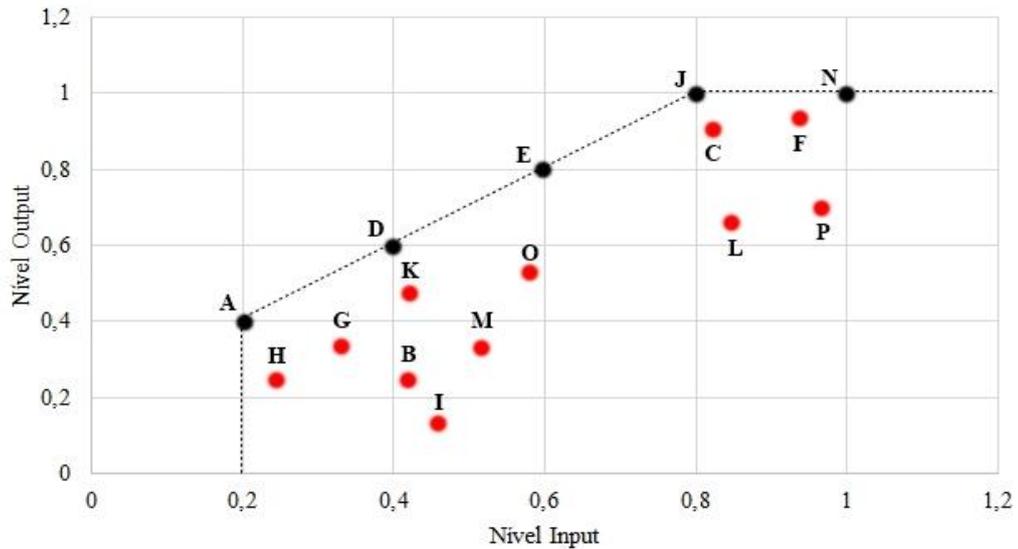
Figura 11 - Fronteira de eficiência das PME do APL de Gesso pernambucano



Fonte: Dados da pesquisa (2019)

A Figura 12 apresenta o comportamento dos dados em termos da fronteira clássica do modelo BCC.

Figura 12 - Fronteira clássica BCC



Fonte: Dados da pesquisa (2019)

A aplicação da DEA identifica a fronteira eficiente determinando a melhor combinação de entrada e saída que é capaz de produzir saídas máximas usando entradas mínimas para o conjunto de DMU avaliado. Nesse caso, a partir da fronteira como referência, a eficiência da DMU é considerada relativa com base na distância radial a essa fronteira. As unidades avaliadas.

Em uma análise incremental foi considerada a eficiência invertida, que nesse caso é considerada como uma avaliação do tipo pessimista das DMU. Para o cálculo do *score*, faz-se uma troca dos *inputs* com os *outputs* considerados no modelo original. Os resultados dos *scores*, por ordem alfabética de DMU, para essa análise, são apontados na Tabela 2.

Tabela 2 - Scores para eficiência invertida

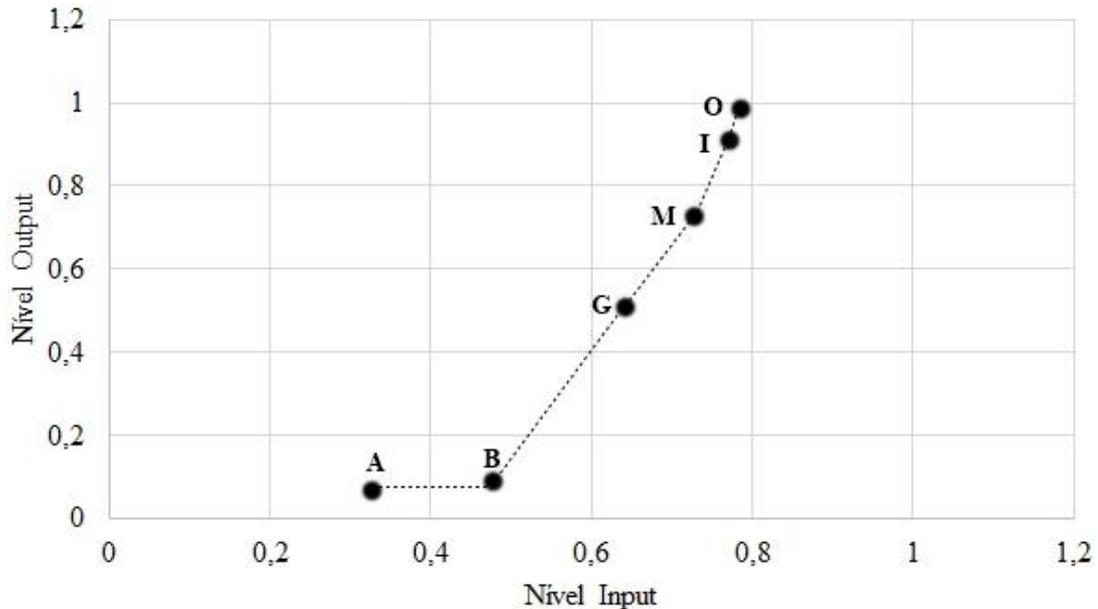
DMU	Score ( $\theta$ )
A	0,493
B	0,779
C	1,000
D	1,000
E	1,000
F	1,000
G	0,953
H	1,000
I	0,997
J	1,000
K	1,000
L	1,000
M	0,929

N	1,000
O	0,957
P	1,000

Fonte: Esta pesquisa (2019)

Esses valores de *score* inverso são ilustrados na Figura 13.

Figura 13 - Fronteira inversa



Fonte: Esta pesquisa (2019)

Com os valores obtidos para a eficiência invertida, pode-se calcular o valor da eficiência composta. Essa informação reflete o índice de eficiência agregado, sendo a média aritmética entre a eficiência apresentada pela fronteira original e a ineficiência em relação à fronteira invertida (YAMADA et al., 1994; ENTANI et al., 2002). Utiliza-se, para cálculo, a fórmula:  $\text{Eficiência Composta} = [\text{Eficiência Clássica} + (1 - \text{Eficiência Invertida})] / 2$ . Os resultados são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Eficiência clássica, invertida, composta e composta normalizada

DMU	Eficiência Clássica	Eficiência Invertida	Eficiência Composta	Eficiência Composta Normalizada
A	1,000	0,493	0,754	1,000
B	0,432	0,779	0,327	0,433
C	0,993	1,000	0,497	0,659
D	1,000	1,000	0,500	0,663
E	1,000	1,000	0,500	0,663
F	0,982	1,000	0,491	0,651
G	0,338	0,953	0,192	0,255

H	0,298	1,000	0,149	0,198
I	0,415	0,997	0,209	0,277
J	1,000	1,000	0,500	0,663
K	0,418	1,000	0,209	0,277
L	0,864	1,000	0,432	0,573
M	0,504	0,929	0,287	0,381
N	1,000	1,000	0,500	0,663
O	0,532	0,957	0,287	0,381
P	0,971	1,000	0,486	0,644

Fonte: Esta pesquisa (2019)

Por meio da eficiência composta, pode-se realizar uma ponderação entre as avaliações otimista e pessimista de cada DMU. Ademais, para encontrar os valores da eficiência composta normalizada, divide-se os valores obtidos por o maior valor observado na coluna de eficiência composta. Isto é:

$$\text{Eficiência composta normalizada} = \text{Eficiência composta} / \text{Max (Eficiência Composta)}$$

## 5.5 Análise dos Resultados Obtidos

Considerando, a priori, o resultado obtido com o *score* da eficiência clássica (Tabela 1), obtém-se um conjunto de DMU com valores máximos na fronteira, que nesse caso é um (1,0). Acerca desse conjunto de DMU eficientes ( $\alpha$ ), algumas observações podem ser feitas quanto às suas características, como localização, tempo de atuação, níveis de produção/vendas e níveis de insumos principais utilizados. A DMU A atua no mercado há 7 anos, localizada em Araripina-PE e comercializa em média 17.500 sacos de gesso de 40 kg, por mês. Do ponto de vista dos insumos, utiliza aproximadamente 900 toneladas de gipsita e 100 toneladas de lenha para manter o nível médio de produção que atenda a demanda.

A DMU D, por sua vez, está situada no município de Trindade-PE e manufatura e comercializa gesso há 11 anos. A empresa possui, um nível médio mensal de vendas de aproximadamente 100.000 sacos de gesso de 40 kg. Para isso, investiu em fornos de calcinação, possuindo atualmente 5 equipamentos. Para atender a esse nível de produção, emprega cerca de 6.000 toneladas de gipsita e 480 toneladas de lenha.

Outra empresa eficiente, A DMU E está situada também na cidade de Trindade-PE e há 8 anos compõe o *hall* de empresas calcinadoras do APL considerado. Com uma média de vendas de 48.000 sacos de gesso de 40 kg, a empresa indicou a utilização de 2.100 toneladas de gipsita para atender à demanda e aproximadamente 200 toneladas de lenha, por mês.

Por outro lado, a DMU J faz parte do mercado de gesso há 4 anos, localizada na cidade de Araripina-PE, produzindo em média 50.000 sacos de gesso de 40 kg. Usa 2.500 toneladas de gipsita para produção média mensal e 100 toneladas de lenha para alimentar os dois fornos disponíveis para calcinação. A DMU N apresentou nível de vendas médio de 200.000 sacos de gesso de 40 kg. Essa empresa atua em Trindade-PE, há 8 anos, processa cerca de 11.000 toneladas de gipsita e 290 toneladas de lenha em seu processo de calcinação.

Em síntese, pode-se observar as seguintes informações quanto à estrutura operacional das DMU eficientes, por ordem alfabética, conforme Tabela 4.

*Tabela 4 - Características de operação das DMU eficientes*

DMU	Localidade	Tempo de atuação (anos)	Nível de produção/vendas (sacos - 40 kg)	Gipsita (toneladas)	Lenha (toneladas)
A	Araripina-PE	7	17.500	900	100
D	Trindade-PE	11	100.000	6.000	480
E	Trindade-PE	8	48.000	2.100	200
J	Araripina-PE	4	50.000	2.500	100
N	Trindade-PE	8	200.000	11.000	290

*Fonte: Esta pesquisa (2019)*

A gipsita é o principal insumo para o processo de manufatura do gesso, e durante a etapa de calcinação (processo térmico de desidratação da gipsita), uma parcela do minério é reduzida em termos de volume. Isso se dá porque a gipsita é calcinada em uma faixa de 140°C a 160°C e perde uma e meia molécula de água de cristalização e forma o gesso, ou seja, ocorre a reação de desidratação e formação do hemidrato ( $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ ). Assim, a eficiência dos fornos é também um fator primordial para que se evite perdas no principal processo, a calcinação e, com isso, os volumes finais de produção de gesso sejam melhorados.

Ainda com base nos valores da eficiência clássica, apresentados na Tabela 1, pode-se apontar as empresas com menor desempenho. Do grupo de DMU ineficientes, listadas pelo conjunto  $\beta$ , a DMU H apresenta menor *score* (0,298), e trata-se de uma empresa que existe há 10 anos e situa-se em Araripina-PE. Um dado importante, nesse caso, é que o tempo de atuação não reflete automaticamente numa maior eficiência operacional. Provavelmente, muitos aspectos de gerenciamento de processos estão sendo ignorados e/ou os recursos não estão sendo bem dimensionados de acordo com a demanda real. Nesse ponto, salienta-se que muitas empresas do APL são gerenciadas por famílias, o que pode limitar a interferência de administradores “externos” ao grupo familiar.

Outro elemento do conjunto  $\beta$  a DMU G com *score* igual a 0,338 aparece com uma das mais baixas em desempenho. Atuante há 5 anos em Araripina-PE, a empresa tem uma venda

média de 8.000 sacos de gesso de 40 kg mensais. Contudo, esse valor isolado não significa uma informação totalmente “útil” para avaliar a performance geral. Apenas reforça que a análise de desempenho deve ser holística, considerando o máximo de indicadores possíveis em todas as perspectivas, principalmente atreladas aos processos internos.

Um dado observado, em específico de duas DMU, a DMU K e a DMU F, é o de utilização da capacidade de produção. No primeiro caso, apenas 60% da capacidade é utilizada e no segundo caso, um nível ainda menor, apenas 55%. Nas DMU eficientes esse índice é de, em média, 85%. Em ambos os casos, uma intervenção de modo a realizar o balanceamento de linha de produção, por exemplo, pode aumentar a eficiência do processo e com isso o *score* de desempenho sofra uma variação positiva.

Nas empresas do APL, o número de fornos para calcinação é definido, por vezes, sem um dimensionamento adequado da linha de produção geral, o que pode tornar o processo desbalanceado. Além disso, o número de moinhos e máquinas para ensaque também variam de empresa para empresa e não estão, em alguns casos, definidos de acordo com a quantidade de fornos para calcinação, o que seria o mais recomendado.

Tais elementos do processo fabril definem o indicador acima relatado para as DMU ineficientes (K e F), o de utilização da capacidade de produção. Caso os equipamentos não sigam um balanceamento adequado, o indicador será comprometido e pode implicar numa avaliação negativa da produtividade dessas empresas. Isso ainda pode implicar no cálculo de toneladas processadas por hora e na produtividade por turno de trabalho.

Outra característica das empresas do APL está relacionada ao número de clientes das empresas. O número de clientes fixos é relativamente baixo, pois a maior parte de demanda por gesso vem de construtoras e estas demandam o produto das calcinadoras de acordo com o mercado de empreendimentos imobiliários. Ou seja, se o setor de construção civil apresentar crescimento no número de obras, automaticamente as calcinadoras são afetadas e os níveis de produção de gesso podem aumentar, e o indicador estoque para pronto atendimento, também.

Por outro lado, quando analisados os valores da Tabela 2, isto é, do *score* de eficiência invertida, tem-se informações sobre as DMU que são classificadas como *anti-benchmark*. Em suma, são vistas como as empresas com piores práticas gerenciais do grupo analisado. Assim, as DMU A, B, M, G, O e I compõem a fronteira invertida, assumindo os menores valores do conjunto geral.

Observa-se nesse resultado que a empresa A, ora classificada como eficiente na fronteira clássica anteriormente, é apontada agora como uma das organizações ineficientes quando analisada na nova ótica de eficiência invertida. Esse comportamento se dá em razão de um

problema decorrente do modelo BCC, identificado por Mello et al. (2008). Segundo os autores, o fato de uma empresa ter maior valor em um *output* específico não pode ser considerada eficiente, pois deve-se considerar os valores globais das outras variáveis. Isto é, uma DMU pode ter maior valor em um dos *outputs* (localizando-se na fronteira clássica), mas se tiver o menor valor em um dos *inputs* estará localizada na fronteira invertida, quando considerada essa interseção na avaliação. Nesse caso, do conjunto classificado como eficiente na fronteira clássica, as demais (D, E, J, N) ainda continuam como *benchmark* para esse contexto.

Apesar de ter sido incluída na fronteira invertida, a DMU A pode ser apontada como a empresa eficiente desse conjunto total de dezesseis organizações. Essa afirmativa é baseada no valor obtido para eficiência composta (calculada por meio da eficiência clássica e da eficiência invertida), o que indica a empresa com melhor desempenho. A empresa “A” foi a única que obteve valor máximo igual a 1,0 na fronteira de eficiência composta normalizada; as demais ficaram no intervalo [0,198; 0,663]. Através desse resultado, é indicado que a DMU A tem uma boa performance nas variáveis em que se destaca, além de não ter um mau desempenho nas variáveis em que ela não se destaca.

Essa avaliação mostra-se importante, uma vez que não negligencia aspectos relevantes na análise de eficiência, como o grau de especialização de uma empresa ou o favorecimento em torno da observação das variáveis de entrada e/ou de saída apenas. Além disso, a abordagem por meio da fronteira invertida e, posteriormente, da composta é viável por não adicionar informação por parte do decisor, sendo pautada nos valores já alcançados originalmente.

## 5.6 Considerações do Capítulo

Todos os indicadores empregados no modelo DEA BCC-*input*, foram submetidos no formato de média mensal, justamente para considerar essas variações de demanda no mercado. As DMU eficientes servem de *benchmark* para as DMU consideradas ineficientes. Outra informação gerada pelo *software* trata da relação de *benchmark* entre as DMU analisadas, apresentada na Figura 14. Nesse contexto, representam, de acordo com a fronteira de eficiência clássica, os *benchmarks* de cada DMU não eficiente.

De acordo com a Figura 14, as unidades avaliadas foram agrupadas com o seu *benchmark* mais próximo, de forma a apontar quais as melhorias poderiam ser realizadas em busca de tornar eficientes as DMU classificadas como não eficientes. Nota-se que as DMU eficientes (A, D, E, J, N) servem de exemplo para as demais empresas.

Figura 14 - Relação de benchmark entre DMU

DMU	A	D	E	J	N
A	A				
B	A			J	
C	A			J	
D		D			
E			E		
F	A		E		N
G	A		E	J	N
H	A	D		J	N
I	A			J	N
J				J	
K	A			J	
L	A		E	J	
M	A			J	
N					N
O	A		E	J	
P	A			J	
Total	12	2	5	11	5

Fonte: Dados da pesquisa / SDEA® (2019)

Desse conjunto eficiente, a DMU A apresenta *benchmark* para um total de onze (11) outras DMU (B, C, F, G, H, I, K, L, M, O, P), a DMU D aparece como *benchmark* para uma (1) outra DMU (H). A DMU E contribui com melhores práticas para quatro (4) DMU do conjunto (F, G, L, O), enquanto que a DMU J aponta *benchmark* para dez (10) outras DMU (B, C, G, H, I, K, L, M, O, P) e, por fim, a DMU eficiente N compara-se como *benchmark* para outras quatro (4) DMU (F, G, H, I).

O APÊNDICE D complementa essa informação, onde aponta a representatividade desta relação entre DMU no modelo analisado. Em outras palavras, os valores de  $\lambda$  são, algebricamente, a relevância de uma DMU eficiente como *benchmark* para uma unidade classificada como ineficiente. Sendo assim, as empresas ditas “ineficientes” podem comparar suas práticas com as DMU intituladas de *benchmarks* mais relevantes como guias para alcançar a eficiência operacional, replicando-as em forma de melhores práticas. Contudo, se analisada a fronteira invertida, as DMU A, B, M, G, O e I são conceituadas como *anti-benchmark*, tendo em vista a análise pessimista.

Deve-se lembrar que a metodologia proposta pela DEA é direcionada para medir a eficiência relativa, o que significa que não se pode levar a uma classificação de DMU, comparando suas eficiências com um valor teórico absoluto de eficiência, pois não há um parâmetro para tal. Além disso, mesmo que uma DMU seja apontada na fronteira eficiente, ela

pode não ter um bom desempenho na “prática”. Isso é explicado devido a análise ser feita apenas em um conjunto de observação específico de DMU.

Para cada DMU considerada por esse estudo, foi calculada sua eficiência relativa e, posteriormente, construída a fronteira eficiente, formada pelas unidades com a pontuação máxima (*score*) e envolvendo todas as outras unidades menos eficientes. Assim, a região identificada pela superfície designa as unidades consideradas *benchmarking*, enquanto simultaneamente permite identificar o desempenho das outras DMU calculando seus desvios em relação as unidades de referência.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O BSC apresenta diversos benefícios para as empresas que o adotam como parte da gestão estratégica local. O método proporciona à gerência, o controle das dimensões estratégicas, permite a criação de oportunidades de aprendizado sistemático e a adoção de decisões cruciais mais rapidamente, graças à disponibilidade de melhores dados intrínsecos aos indicadores-chave de desempenho. Essas métricas, tanto de entrada como de saída, são responsáveis por monitorar, de forma geral, a produtividade do trabalho, a satisfação do cliente e o desempenho organizacional.

Os resultados encontrados por meio da revisão da literatura do Capítulo 4, concordam para o fato de que o BSC pode permitir que uma organização alcance suas metas estratégicas de longo prazo, gerenciando as metas de curto prazo. Isto posto, pode-se verificar que o BSC permite que as organizações concentrem sua atenção apenas nas atividades que são relevantes para a consecução de seus objetivos estratégicos. Em decorrência disso, o BSC é considerado uma ferramenta de gerenciamento útil para PME, embora sua implementação possa diferir em relação as organizações de grande porte.

Como um dos resultados, obteve-se informações relevantes concernentes à avaliação estratégica de desempenho, proposta pelo *framework* do BSC no setor de mineração. A capacidade de adaptar o BSC às necessidades das PME do APL de Gesso em Pernambuco, incorporando informações suficientes, representa uma ferramenta de gerenciamento que pode ser adaptada a várias configurações. Desse modo, a categorização dos indicadores em cada uma das quatro perspectivas permitiu traduzir o aspecto qualitativo do BSC em métricas que pudessem ser quantificadas e, posteriormente submetidas à metodologia DEA.

O BSC apresenta algumas limitações no emprego para medir a eficiência e sua integração com o método DEA tem a vantagem de preencher essas deficiências e avaliar melhor o desempenho das organizações, considerando conjuntamente dados e informações qualitativas e quantitativas. No modelo integrado DEA-BSC proposto por esse trabalho, as medidas de entrada e saída foram agrupadas em perspectivas, relacionados ao BSC. Logo, com essa estruturação, a análise é complementada no método DEA, que quantifica os conceitos qualitativos incorporados na abordagem BSC.

A DEA é uma técnica amplamente usada, com diversos estudos publicados nos mais diversos setores, para a avaliação de desempenho e no *benchmarking* de um conjunto de entidades, consideradas DMU. O modelo DEA fornece uma quantidade significativa de

informações a partir da qual analistas obtêm *insights* e diretrizes para promover e comparar os desempenhos existentes entre DMU com características semelhantes.

Na presente pesquisa, utilizou-se o modelo DEA-BCC orientado ao *input*. Nesse tipo de modelo, as entradas (*inputs*) são minimizadas e as saídas (*outputs*) são mantidas nos níveis atuais. Conforme apresentado na seção de resultados, notou-se que cinco DMU foram classificadas como eficientes na fronteira clássica, pois obtiveram *score* máximo, isto é, igual a um (1), definido como o conjunto Alfa,  $\alpha = \{A, D, E, J, N\}$  e o conjunto Beta,  $\beta = \{C, F, P, L, O, M, B, K, I, G, H\}$  como congregação de DMU ineficientes. Para as empresas do conjunto  $\beta$ , o DEA é capaz de fornecer uma quantidade significativa de informações das quais analistas e gerentes podem derivar ideias e diretrizes para aprimorar os desempenhos existentes, como por exemplo os Lambdas ( $\lambda$ ), que identifica os *benchmarks* para cada DMU ineficiente.

Entretanto, esse resultado da eficiência clássica sofre uma pequena alteração quando se calcula a eficiência invertida. As DMU A, B, M, G, O e I passam a compor a fronteira invertida, o que se traduz como as empresas *anti-benchmark*, ou seja, com piores práticas gerenciais. Mas, quando observado o valor da eficiência composta, que analisa a média aritmética entre a eficiência da fronteira original e a eficiência em relação à fronteira invertida, a DMU A é apontada como a única empresa eficiente do conjunto total, assumindo valor igual a 1,0 na eficiência composta normalizada.

Com essa informação adicional, nota-se que os modelos propostos na abordagem DEA, produzem avaliações favoráveis às empresas. Esse fato deriva em um grande número de DMU eficientes, principalmente quando o número de variáveis (de entrada e saída) é grande em relação à quantidade de DMU. Isso ocorre porque a DEA considera em seu modelo apenas algumas variáveis para o cálculo de eficiência sendo que, em geral, as variáveis mais favoráveis a cada DMU destacam-se, enquanto que as variáveis desfavoráveis ganham uma importância menor, inclusive podendo sofrer anulação para o cálculo da eficiência.

O modelo DEA aplicado no contexto das empresas calcinadoras do APL do Gesso em Pernambuco, apresentou-se ser uma ferramenta útil e prática para avaliar a eficiência dessas organizações. As empresas que atuam na região dispõem do mesmo minério, de alta qualidade do ponto de vista da sua pureza, que pode chegar a 95%, o que também torna as jazidas do Araripe excelentes em condições de exploração da gipsita (geomorfologia da jazida). Isto posto, observa-se que as empresas poderiam tornar essa qualidade da matéria prima em uma vantagem competitiva, e assim espera-se serem eficientes na produção do gesso.

O gerenciamento do desempenho dos processos no contexto do APL pernambucano, proposto no modelo integrado BSC-DEA, apresenta dois pontos primordiais:

- A implementação do BSC fornece uma visão clara da empresa como um todo, considerando seus objetivos estratégicos, verificando ainda como os processos estão funcionando e o que causa variações em seu desempenho;
- A aplicação dos princípios do método DEA é relevante, pois mede a eficiência das empresas em seus processos principais, com base nos indicadores analisados no BSC. Em adição, a DEA permite que os gerentes possam avaliar adequadamente suas unidades e tomem decisões seguindo a intenção da alocação melhorada de recursos.

Em suma, uma empresa com os mesmos recursos pode usá-los de maneira mais eficaz e eficiente, tornando-se mais competitiva e com níveis maiores de lucro. Mas, como apontado no estudo, uma série de parâmetros deve ser observada, o que faz com que a produção de gesso demande um conjunto de ações de gestão orientado para que haja melhor utilização dos insumos, com vista a buscar otimizar os níveis de *inputs* e *outputs*.

Pesquisas como esta podem servir ainda de incentivo aos demais pesquisadores do ramo de gestão e/ou administração para atuarem no referido APL e, com isso, agregarem ainda mais informações relevantes no campo científico. A região possui inúmeras demandas por soluções em gestão que, somadas às qualificações técnicas do minério ali disposto, podem potencializar a produção e/ou melhorar a administração das operações de forma significativa, aumentando assim o desempenho das empresas locais.

## 6.1 Limitações e Trabalho Futuros

Como principal limitação do estudo, cita-se a quantidade de empresas que participaram do estudo. Caso mais organizações atuantes no APL do Gesso em Pernambuco tivessem sido introduzidas no conjunto de DMU, o modelo poderia indicar, provavelmente, menos empresas eficientes e com isso, o processo de *benchmark* seria melhorado. Devido às restrições de contato com as empresas do APL de Gesso, não foi possível obter um número ainda maior de DMU participantes da pesquisa.

Além disso, o tempo para contatar as empresas foi limitado, restringindo-se apenas aos meses de Agosto e Setembro. As métricas analisadas foram validadas pela literatura, mas outros indicadores ligados principalmente à esfera financeira poderiam ter sido considerados. No entanto, dados financeiros são difíceis de extrair de empresas, além de apresentarem caráter estratégico, há, sobretudo, o fato das empresas terem receio de que os dados sejam usados de forma indevida.

O modelo DEA é uma proposta metodológica eficaz para comparar empresas entre si. Os diferentes modelos desenvolvidos e as variáveis de entrada e saída utilizadas permitem

comparar corretamente as empresas num contexto homogêneo, ou seja, organizações com as mesmas características operacionais. No entanto, o DEA, como ferramenta, ainda pode ser investigado em condições mais favoráveis.

Salienta-se que alguns fatores como o tipo de Gipsita (cocadinha, rapadura, Johnson, etc.) e o tipo de forno (rotativo, marmitta, etc.) utilizados no processo de cada empresa, não foram considerados nesse estudo. Por isso, em estudos futuros, pode-se considerar se tais fatores implicam em mudanças de cunho operacional, tais como tempo de calcinação, consumo de lenha e outros mais.

Ademais, ainda como proposta de estudos futuros indica-se a aplicação do modelo DEA para empresas mineradoras de gipsita, não consideradas por esse estudo. Além disso, pode-se buscar identificar as causas das ineficiências nas empresas que foram apontados como tal, com o intuito de auxiliar os administradores na tomada de decisão, promovendo um gerenciamento corretivo para assim, melhor aproveitar os recursos produtivos. Ademais, pode-se aprimorar o uso do DEA em combinação com outras ferramentas de análise.

## REFERÊNCIAS

- ABDALKRIM, G. M. Using the Balanced Scorecard in Private Sector Organizations: A Case Study of Private Telecommunication Companies in Sudan. *International Business Research*, v. 7, n. 9, p. 157–164, 2014.
- ABOLGHASEM, S.; SOLANO, F.; BEDOYA, C. D.; NAVAS, L. P.; RIOS, A. P.; PINZÓN, E. A.; MEDAGLIA, A. L.; SARMIENTO, O. L. A robust DEA-centric location-based decision support system for expanding Recreov'ia hubs in the city of Bogotá (Colombia). *International Transactions in Operational Research*, v. 26, p. 1157–1187, 2019.
- ADENIYI, I. O.; ADELEKE, M.O.; OLABODE, O. A. Legal Regime for Exploring Solid Minerals for Economic Growth in Nigeria. *Journal of Canadian Social Science*, v. 9, n. 5, p. 67-77, 2013.
- AGÊNCIA BRASIL. *Pequenas empresas garantem saldo positivo de empregos, mostra Sebrae*. Site institucional. Rio de Janeiro, 2019.
- AHN, A. Applying the Balanced Scorecard concept: An experience report. *Long Range Planning*, v. 34, p. 243-253, 2001.
- AKBARIAN, M.; NAJAFI, E.; TAVAKKOLI-MOGHADDAM, R.; HOSSEINZADEH-LOTFI, F. A Network-Based Data Envelope Analysis Model in a Dynamic Balanced Score Card. *Mathematical Problems in Engineering*, p. 1-13, 2015.
- AL SAWALQA, F.; HOLLOWAY, D.; ALAM, M. Balanced Scorecard implementation in Jordan: An initial analysis. *International Journal of Electronic Business Management*, v. 9, n. 3, p. 196–210, 2011.
- ALDEHAYYAT, J.; KHATTAB, A.; ANCHOR, J. The use of strategic planning tools and techniques by hotel in Jordan. *Management Research Review*, v. 34, n. 4, p. 477 – 490, 2011.
- ALI, A.I. Streamlined computation for data envelopment analysis. *European Journal of Operational Research*, v. 64, p. 61-67, 1993.
- ALIDRISI, H.; AYDIN, M. E.; BAFAIL, A. O.; ABDULAL, R.; KARUVATT, S. A. Monitoring the Performance of Petrochemical Organizations in Saudi Arabia Using Data Envelopment Analysis. *Mathematics*, v. 7, n. 519, p. 1-16, 2019.
- AMADO, C. A. F.; SANTOS, S. P.; MARQUES, P. M. Integrating the Data Envelopment Analysis and the Balanced Scorecard approaches for enhanced performance assessment. *Omega*, v. 40, n. 3, p. 390–403, 2012.
- AMARATUNGA, D.; BALDRY, D.; SARSHAR, M. Process improvement through performance measurement: the Balanced Scorecard Methodology. *Work Study Journal*, v. 50, n. 4/5, p. 179–188, 2001.
- APAK, S.; ATAY, E. Global innovation and knowledge management practice in small and medium enterprises (SMEs) in Turkey and the Balkans. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, v. 150, p. 1260–1266, 2014.

- ARAÚJO, S. M. S. A ação do estado e o meio ambiente no polo gesso do Araripe PE nos anos de 1990 e 2000. *Rios Eletrônica - Revista Científica da FASETE*, v. 7, n. 7, p. 91-102, 2013.
- ARAÚJO, S. M. S.; MARTINS, L. A. M. A indústria extrativa mineral do polo gesso do Araripe e seus impactos sócio ambientais. *Revista de Geografia*, v. 29, p. 91-112, 2012.
- ARRUDA, R. S.; SILVA FILHO, G. E. Análise dos determinantes da competitividade - o caso do polo gesso de Araripina no estado de Pernambuco. In: VII Encontro Pernambucano de Economia (ENPECON). Recife, 8, *Anais... VII ENPECON*, Recife-PE, 2018.
- ASGARI, N.; DARESTANI, S. A. Application of multi-criteria decision making methods for Balanced Scorecard: a literature review investigation. *International Journal Services and Operations Management*, v. 27, n. 2, p. 262–283, 2017.
- ASOSHEH, A.; NALCHIGAR, S.; JAMPORAZMEY, M. Information technology project evaluation: An integrated Data Envelopment Analysis and Balanced Scorecard approach, *Expert Systems with Applications*, v. 37, p. 5931–5938, 2010.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 12127:2017 – Gesso para construção civil - Determinação das propriedades físicas do pó*. Rio de Janeiro, 2017.
- AYVAZ, E.; PEHLIVANL, D. The use of time driven activity based costing and analytic hierarchy process method in the balanced scorecard implementation. *International Journal of Business and Management*, v. 6, n. 3, p. 146–158, 2011.
- AZAPAGIC, A. Developing a framework for sustainable development indicators for the mining and minerals industry. *Journal of Cleaner Production*, v. 12, n. 6, p. 639-662, 2004.
- AZBARI, M. E.; OLFAT, L.; AMIRI, M.; SOOFI, J. B. A Network Data Envelopment Analysis Model for Supply Chain Performance Evaluation: Real Case of Iranian Pharmaceutical Industry. *International Journal of Industrial Engineering & Production Research*, v. 25, n. 2, p. 125-137, 2014.
- AZNAR-SÁNCHEZ, J. A.; GARCÍA-GÓMEZ, J. J.; VELASCO-MUÑOZ, J. F.; CARRETERO-GÓMEZ, A. Mining Waste and Its Sustainable Management: Advances in Worldwide Research. *Minerals*, v. 8, n. 284, p. 1-27, 2018.
- BALTAR, C. A. M.; BASTOS, F. F.; LUZ, A. B. *Gipsita. Rochas & Minerais Industriais: Usos e Especificações*, Rio de Janeiro – RJ, 2005.
- BALTAR, C. A. M.; BASTOS, F. F.; LUZ, A. B. Minería y calcinación em el pólo yesero de Pernambuco (Brasil). *Boletín Geológico y Minero*, v. 117, n. 4, p. 695-702, 2006.
- BALTAR, C. A. M.; FREITAS, E. J. G. *Produção de gesso no Brasil: mineração e processamento*. Imprensa da Universidade de Coimbra, 2012.
- BANKER, R. D.; CHARNES, A.; COOPER, W. W. Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management Science*, v. 30, n. 9, p. 1078-1092, 1984.

- BARBOSA, A. A.; FERRAZ, A. V.; SANTOS, G. A. Caracterização química, mecânica e morfológica do gesso obtido do polo do Araripe. *Cerâmica*, v. 60, n. 356, p. 501-508, 2014.
- BARROS, B.; SILVA, J.; FERREIRA, R.; REBOUÇAS, A. Volumetria e sobrevivência de espécies nativas e exóticas no polo gesso do Araripe, PE. *Ciência Florestal*, v. 20, n. 4, p. 641-647, 2010.
- BASU, A. J.; KUMAR, U. Innovation and technology driven sustainability performance management framework (ITSPM) for the mining and minerals sector. *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*, v. 18, p. 135– 149, 2004.
- BASUONY, M. A. K. The Balanced Scorecard in Large Firms and SMEs: A Critique of the Nature, Value and Application. *Accounting and Finance Research*, v. 3, n. 2, p. 14-22, 2014.
- BATTISTI, M.; PERRY, M. Walking the Talk? Environmental Responsibility from the Perspective of Small-Business Owners. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, v. 18, p. 172–185, 2011.
- BEBBINGTON, A. J.; BURY, J. T. Institutional challenges for mining and sustainability in Peru. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, v. 106, n. 41, p. 17296-17301, 2009.
- BELAS, J.; SMRCKA, L.; GAVUROVA, B.; DVORSKY, J. The impact of social and economic factors in the credit risk management of SME. *Technological and Economic Development of Economy*, v. 24, p. 1215–1230, 2018.
- BENTES, A. V.; CARNEIRO, J.; DA SILVA, J. F.; KIMURA, H. Multidimensional assessment of organizational performance: Integrating BSC and AHP. *Journal of Business Research*, v. 65, p. 1790–1799, 2012.
- BESSENT, A.; BESSENT, W.; KENNINGTON, J.; REAGAN, B. An application of mathematical programming to assess productivity in the Houston independent school district. *Management Science*, v. 28, n. 12, p. 1355–1367, 1982.
- BLACHOWSKI, J.; KAŹMIERCZAK, U.; GÓRNIAK-ZIMROZ, J. Spatial and Quantitative Analysis of Waste from Rock Raw Minerals Mining: A Case Study of Lower Silesia Region in Poland. *Sustainability*, v. 10, n. 4493, p. 1-21, 2018.
- BOSE, S.; THOMAS, K. Applying the Balanced Scorecard for better performance of intellectual capital. *Journal of Intellectual Capital*, v. 8, n. 4, p. 653-654, 2007.
- BOUSSOFIANE, A.; DYSON, R. G.; THANASSOULIS, E. Applied Data Envelopment Analysis. *European Journal of Operational Research*, v. 52, p. 1–15, 1991.
- BRAAM, G.; NIJSSEN, E. Exploring Antecedents of Experimentation and Implementation of the Balanced Scorecard. *Journal of Management and Organization*, v. 17, n. 6, p. 714-728, 2011.
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia: Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral – SGM. *Anuário estatístico do setor de transformação de não metálicos*. Brasília-DF, 2018. 86 p.

- BRASIL. Ministério de Minas e Energia. *Anuário estatístico do setor de transformação de não metálicos*. Brasília-DF, 2018. 90 p.
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia. *Governo promove Fórum para debater desenvolvimento do Polo Gesseiro do Araripe*. Brasília-DF, 2017.
- BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. *Anuário estatístico do setor de transformação de não metálicos*. Brasília-DF, 2017.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. *MMA promove debate com polo gesseiro*. Brasília-DF, 2016.
- BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Agrário. *Perfil Territorial: Sertão do Araripe – PE*. Brasília-DF, 2015.
- BRASIL. Centro de Tecnologia Mineral - CETEM. *Estudo do comportamento do gesso-  $\alpha$  com a adição de ácidos graxos*. Brasília-DF, 2015.
- BURGER, A.; MOORMANN, J. Detecting intrinsic inefficiency on process level: Benchmarking of transactions in banking. BPM 2008 International Workshops. Milano, Italy, *Proceedings...* BPM 2008, September, Germany: Springer, 2008.
- CÂNDIDO, A. K. B.; SANTOS, D. L. C. S.; CLEMENTE, T. R. N. Utilização do modelo ECD para a identificação dos agentes integradores da cadeia de suprimentos do APL de gesso pernambucano. In: XXXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2018, Maceió - AL. *Anais...XXXVIII ENEGEP*, 2018.
- CARVALHO, F. P. Mining industry and sustainable development: time for change. *Food and Energy Security*, v. 6, n. 2, p. 61– 77, 2017.
- CASADO, F. L. Análise envoltória de dados: conceitos, metodologia e estudo da arte na educação superior. *Revista Sociais e Humanas*, v. 20, n. 1, p. 59-71, 2009.
- CASTELLI, L.; PESENTI, R.; UKOVICH, W. DEA-like models for the efficiency evaluation of hierarchically structured units. *European Journal of Operational Research*, v. 154, p. 465–76, 2004.
- CHAABOUNI, S. China's regional tourism efficiency: A two-stage double bootstrap data envelopment analysis. *Journal of Destination Marketing & Management*, v. 11, p. 183-191, 2019.
- CHALMETA, R.; PALOMERO, S. Methodological proposal for business sustainability management by means of the Balanced Scorecard. *Journal of the Operational Research Society*, v. 62, p. 1344–1356, 2011.
- CHAN, C.; SIPES, B.; AYMAN, A.; ZHANG, X.; LAPORTE, P.; FERNANDES, F.; PRADHAN, A.; CHAN-DENTONI, J.; ROUL, P. Efficiency of Conservation Agriculture Production Systems for Smallholders in Rain-Fed Uplands of India: A Transformative Approach to Food Security. *Land*, v. 6, n. 3, p. 1-12, 2017.
- CHARNES, A.; COOPER, W. W.; RHODES, E. Measuring the efficiency of decisionmaking units. *European Journal of Operational Research*, v. 2, n. 6, p. 429-444, 1978.

- CHEN, Y.; COOK, W. D.; ZHU, J. Deriving the DEA frontier for two-stage processes. *European Journal of Operational Research*, v. 202, n. 1, p. 138–142, 2010.
- CHEN, Y.; ZHU, J. Measuring Information Technology's Indirect Impact On Firm Performance. *Information Technology And Management*, v. 5, n. 1-2, p. 9-22, 2004.
- CHERCHYE, L.; PUYENBROECK, T. V. A comment on multi-stage DEA methodology. *Operations Research Letters*, v. 28, p. 93–98, 2001.
- CHI, G. T.; DU, Y. Q.; HE, X. G.; LIU, J. B. Research on Loan Pricing Model Based on the Interval DEA. *Operations Research and Management Science*, v. 5, p. 189–196, 2015.
- CHIA, A.; GOH, M.; HUM, S. H. Performance measurement in supply chain entities: balanced scorecard perspective. *Benchmarking: An International Journal*, v. 16, p. 605-620, 2009.
- CHIANG C. Y.; LIN B. An Integration of Balanced Scorecards and Data Envelopment Analysis for Firm's Benchmarking Management, *Total Quality Management*, v. 20, p. 1153-1172, 2009.
- CHIU, Y.-H.; HUANG, C.-W.; MA, C.-M. Assessment of China transit and Economic efficiencies in a modified value-chains DEA model. *European Journal of Operational Research*, v. 209, n. 2, p. 95–103, 2011.
- CHOU, H-H. Multiple-Technique Approach for Improving a Performance Measurement and Management System: Action Research in a Mining Company. *Engineering Management Journal*, v. 27, n. 4, p. 203-217, 2015.
- CIPRIANO, P. B.; REZENDE, R. T. O.; FERRAZ, A. V. Produção de cerâmica vermelha utilizando argila proveniente da mineração de gipsita e resíduo de gesso. *Acta Brasiliensis*, v. 3, n. 1, p. 25-29, 2019.
- COLEMAN, P. J.; KERKERING, J. C. Measuring mining safety with injury statistics: lost workdays as indicators of risk. *Journal of Safety Research*, v. 38, n. 5, p. 523–533, 2007.
- COOK, W. D.; TONE, K.; ZHU, J. Data envelopment analysis: Prior to choosing a model. *Omega*, v. 44, p. 1–4, 2014.
- COOK, W. D.; ZHU, J.; BI, G.; YANG, F. Network DEA: Additive Efficiency Decomposition. *European Journal of Operational Research*, v. 207, p.1122–1129, 2010.
- COOPER, W. W.; SEIFORD, L. M.; ZHU, J. *Handbook On Data Envelopment Analysis*. Boston: Kluwer Academic, 2004.
- COOPER, W. W.; SEIFORD, L. M.; TONE, K. *Data Envelopment Analysis: A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software*. 2nd ed. New York: Springer, 2006.
- COSTA, C. C. Experiência e Perspectivas dos APL de Base Mineral do Brasil – Gesso. In: XIII Seminário Nacional dos Arranjos Produtivos Locais de Base Mineral. *Anais...Recife-PE*, 2016.
- CREMONESE, D. T.; TOMI, G. De; NEVES, M. R. Cost modelling of the product mix from mining operations using the activity-based costing approach. *REM: Revista Escola de Minas*, v. 69, n. 1, p. 97-103, 2016.

- CULLINANE, K.; WANG, T.-F.; SONG, D.-W.; JI, P. The technical efficiency of container ports: Comparing data envelopment analysis and stochastic frontier analysis. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, v. 40, p. 354–374, 2006.
- DANTAS, A. C. S.; SCALABRIN, D. H.; FARIAS, R.; BARBOSA, A. A.; FERRAZ, A. V.; WIRTH, C. Design of Highly Porous Hydroxyapatite Scaffolds by Conversion of 3D Printed Gypsum Structures – A Comparison Study, *Procedia CIRP*, v. 49, p. 55-60, 2016.
- DAVIS, S.; ALBRIGHT, T. An investigation of the effect of Balanced Scorecard implementation on financial performance. *Management Accounting Research*, v. 15, p. 135-153, 2004.
- DESPOTIS, D. K.; SMIRLIS, Y. G. Data envelopment analysis with imprecise data. *European Journal of Operational Research*, v. 140, p. 24–36, 2002.
- DE GEUSER, F.; MOORAJ, S.; OYON, D. Does the Balanced Scorecard Add Value? Empirical Evidence on its Effect on Performance. *European Accounting Review*, v. 18, n. 1, p. 93-122, 2009.
- DNPM. Departamento Nacional de Produção Mineral. *Sumário Mineral*. Brasília: DNPM, 2012.
- DNPM. Departamento Nacional de Produção Mineral. *Anuário Mineral Estadual – Pernambuco*. Brasília: DNPM, 2018.
- DORIN, I.; DIACONESCU, C.; TOPOR, D. I. The Role of Mining in National Economies. *International Journal of Academic Research in Accounting, Finance and Management Sciences*, v. 4, n. 3, p. 155–160, 2014.
- DOUGALL, A. W.; MMOLA, T. M. Identification of key performance areas in the southern African surface mining delivery environment. *Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy*, v. 115, n. 11, p. 1001-1006, 2015.
- DUMAN, M.; TASKAYNATAN, M.; KONGAR, E.; ROSENTRATER, A. Integrating Environmental and Social Sustainability Into Performance Evaluation: A Balanced Scorecard-Based Grey-DANP Approach for the Food Industry. *Frontiers in Nutrition*, v. 5, n. 65, p. 1-12, 2018.
- DURAND, R.; GRANT, R. M.; MADSEN, T. L. The expanding domain of strategic management research and the quest for integration. *Strategic Management Journal*, v. 38, p. 4-16, 2017.
- EBRAHIMI, B.; RAHMANI, M.; BAFRUEI, M. K. Comments on “Information technology project evaluation: An integrated Data Envelopment Analysis and Balanced Scorecard approach” and a new ranking algorithm. *Journal of Data Envelopment Analysis and Decision Science*, v. 2014, p. 1-9, 2014.
- EILAT, H.; GOLANY, B.; SHTUB, A. Constructing and evaluating balanced portfolios of R&D projects with interactions: a DEA based methodology. *European Journal of Operational Research*, v.172, p. 1018-1039, 2005.

- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Aumento da oferta de matéria-prima de base florestal sustentável, para o desenvolvimento socioeconômico da região do Araripe-PE. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2007.
- ENTANI, T.; MAEDA, Y.; TANAKA, H. Dual Models of Interval DEA and its extensions to interval data. *European Journal of Operational Research*, v. 136, p. 32-45, 2002.
- EPSTEIN, M. J.; WISNER, P. S. Using a Balanced Scorecard to implement sustainability. *Environmental Quality Management*, v. 11, 1-10, 2001.
- ETENE. Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste. *Informações Socioeconômicas Território: PE – Sertão do Região*. 2019.
- FALKNER, E. M.; HIEBL, M. R. Risk management in SMEs: A systematic review of available evidence. *The Journal of Risk Finance*, v. 16, p. 122-144, 2015.
- FAN, J. P.; YUE, W. Z.; WU, M. Q. Dealing with Interval DEA Based on Error Propagation and Entropy: A Case Study of Energy Efficiency of Regions in China Considering Environmental Factors, *Journal of Systems Science and Information*, v. 3, n. 6, p. 538-548, 2015.
- FARE, R.; GROSSKOPF, S. Modelling undesirable factors in efficiency evaluation: Comment. *European Journal of Operational Research*, v. 157, p. 242-245, 2004.
- FAROOQ, A.; HUSSAIN, Z. Balanced scorecard perspective on change and performance: a study of selected Indian companies. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, v. 24, p. 754-768, 2011.
- FARRELL, M. J. The measurement of productive efficiency. *Journal of Royal Statistical Society: Series A*, v. 120, n. 3, p. 253-290, 1957.
- FARSI, J. Y.; TOGHRAEE, M. T. Identification the main challenges of small and medium sized enterprises in exploiting of innovative opportunities (Case study: Iran SMEs). *Journal of Global Entrepreneurship Research*, v. 4, n. 4, p. 1-15, 2014.
- FAULCONBRIDGE, J.; MUZIO, D. Global professional service firms and the challenge of institutional complexity: 'Field relocation' as a response strategy. *Journal of Management Studies*, v. 53, n. 1, p. 89-124, 2016.
- FERNANDES, C. H. A. *Aplicação da metodologia DMAIC para redução dos desperdícios em uma indústria de gesso localizada em Trindade-PE*. Trabalho Final de Curso. Juazeiro (BA). Universidade Federal do Vale do São Francisco, 2018.
- FERNANDES, K.; RAJA, V.; WHALLEY, A. Lessons from implementing the balanced scorecard in a small and medium size manufacturing organisation. *Technovation*, v. 26, n. 1, p. 623-634, 2006.
- FERNANDES, M. F.; BARBOSA, M. P. Aplicações dos indicadores socioeconômicos e ambientais no modelo DPSIR (Força Motriz/Pressão/Estado/Impacto/Resposta) e influências na desertificação nos municípios de Araripina-PE, Crato e Barbalha-CE e Marcolândia-PI. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 4, p. 722-737, 2011.

- FERNANDEZ-LOZANO, J.; GUTIERREZ-ALONSO, G.; FERNANDEZ-MORAN, M. A. Using airborne LiDAR sensing technology and aerial orthoimages to unravel roman water supply systems and gold works in NW Spain (Eria valley, León). *Journal of Archaeological Science*, v. 53, p. 356–373, 2015.
- FERNANDEZ-PALACIN, F.; LOPEZ-SANCHEZ, M. A.; MUNOZ-MARQUEZ, M. Stepwise selection of variables in DEA using contribution loads. *Pesquisa Operacional*, v. 38, n. 1, p. 31-52, 2018.
- FERRAZ, A. V.; FARIAS, G. M.; COELHO, I. J. S. Estudo do efeito de variáveis ambientais no processo de cristalização do Gesso- $\beta$ . *Evolvere Scientia*, v. 3, p. 99, 2014.
- FIEPE. Federação das Indústrias de Pernambuco (Org.). *Estudo Técnico do Polo Gesseiro do Araripe*. Araripina, 22 p. 2017.
- FONSECA, A.; MCALLISTER, M. L.; FITZPATRICK, P. Measuring what? A comparative anatomy of five mining sustainability frameworks. *Minerals Engineering*, v. 46-47, p. 180–186, 2013.
- FOULADGAR, M. M.; YAZDANI-CHAMZINI, A.; ZAVADSKAS, E. K. An integrated model for prioritizing strategies of the iranian mining sector. *Technological and Economic Development of Economy*, v. 17, n. 3, p. 459-483, 2011.
- FRIED, A. Performance measurement systems and their relation to strategic learning: A case study in a software-developing organization. *Critical Perspectives on Accounting*, v. 21, n. 2, p. 118–133, 2010.
- GARCIA-VALDERRAMA, T.; MULERO-MENDIGORRI, E.; REVUELTA-BORDOY, D. Relating the perspectives of the Balanced Scorecard for R&D by means of DEA, *European Journal of Operational Research*, v. 196, n. 3, p. 1177–1189, 2009.
- GARTNER, E. M. Cohesion and expansion in polycrystalline solids formed by hydration reactions – The case of gypsum plasters. *Cement and Concrete Research*, v. 39, p. 289–295, 2009.
- GARVIN, D. A.; EDMONDSON, A. C.; GINO, F. Is yours a learning organization? *Harvard Business Review*, v. 86, n. 3, p. 109–118, 2008.
- GARY, M. S.; WOOD, R. E.; PILLINGER, T. Enhancing mental models, analogical transfer, and performance in strategic decision making. *Strategic Management Journal*, v. 33, p. 1229–1246, 2012.
- GERALDO, R. H.; PINHEIRO, S. M. M.; SILVA, J. S.; ANDRADE, H. M. C.; DWECK, J.; GONÇALVES, J. P.; CAMARINI, G. Gypsum plaster waste recycling: A potential environmental and industrial solution, *Journal of Cleaner Production*, v. 164, p. 288-300, 2017.
- GHEMAWAT, P. Evolving ideas about business strategy. *Business History Review*, v. 90, p. 1-23, 2016.
- GIACOMELLO, C. P.; OLIVEIRA, R. L. Análise Envoltória de Dados (DEA): uma proposta para avaliação de desempenho de unidades acadêmicas de uma universidade. *Revista GUAL*, v. 7, n. 2, p. 130-151, 2014.

- GIANNOPOULOS, G.; HOLT, A.; KHANSALAR, E.; CLEANTHOUS, S. The Use of the Balanced Scorecard in Small Companies. *International Journal of Business and Management*, v. 8, n. 14, p. 1-22, 2013.
- GIBBONS, R.; KAPLAN, R. S. Formal Measures in Informal Management: Can a Balanced Scorecard Change a Culture? *American Economic Review*, v. 105, p. 447–451, 2015.
- GIBSON, G.; KLINCK, J.; Canada's Resilient North: The Impact of Mining on Aboriginal Communities. *Pimatisiwin: A Journal of Aboriginal and Indigenous Community Health* v. 3, n. 1, p. 116-140, 2005.
- GÖKSEN, Y.; DOĞAN, O.; ÖZKARABACAK, B. A Data Envelopment Analysis Application for Measuring Efficiency of University Departments, *Procedia Economics and Finance*, v. 19, p. 226-237, 2015.
- GOLANY, B.; ROLL, Y. An application procedure for DEA. *OMEGA. Journal of Management Science*, v. 17, n. 3, p. 237-250, 1989.
- GOMES, G. M. *Oportunidades de Investimentos*. In: A Economia de Pernambuco: Uma Contribuição Para o Futuro. IAUPE/SEPLAN, 2006.
- GONÇALVES, I. C. M.; FERRAZ, A. V. Estudo do efeito de materiais impermeabilizantes de origem vegetal na pasta de gesso. *Evolvere Scientia*, v. 3, p. 76-83, 2014.
- GRANJA, C. V. A.; CAVALCANTE, É. P.; CAFFÉ FILHO, H. P.; SIQUEIRA, M. S.; NASCIMENTO, W. Degradação Ambiental: Exploração de Gipsita no Polo Gesseiro do Araripe. *Id on Line: Revista Multidisciplinar e de Psicologia*, v.11, n. 36, p. 239-267, 2017.
- GUMBUS, A.; LUSSIER, R. N. Entrepreneurs Use a Balanced Scorecard to Translate Strategy into Performance Measures. *Journal of Small Business Management*, v. 44, n. 3, p. 407-425, 2006.
- GUMEDE, H. The socio-economic effects of mechanising and/or modernising hard rock mines in South Africa, *South African Journal of Economic and Management Sciences*, v. 21, n. 1, p. 1-11, 2018.
- HAAS, D. J. Technical efficiency in the major league soccer. *Journal of Sports Economics*, v. 4, n. 3, p. 203-215, 2003.
- HAERIA, A.; JAFARIA, M.; ASGARIA, S. D. A new approach for performance evaluation of energy-related enterprises. *Energy Equipment and Systems*, v. 6, n. 1, p. 16-26, 2018.
- HAIKOWICZ, S. A.; HEYENGA, S.; MOFFAT, K. The relationship between mining and socio-economic well being in Australia's regions. *Resources Policy*, v. 36, n. 1, p. 30-38, 2011.
- HALKOS, G. E.; SALAMOURIS, D. S. Efficiency Measurement Of The Greek Commercial Banks With The Use Of Financial Ratios: A Data Envelope Analysis Approach. *Management Accounting Research*, v. 15, n. 2, p. 201-224, 2004.
- HEILBRUNN, S.; ROZENES, S.; VITNER, G. A "DEA" Based Taxonomy to Map Successful SMEs. *International Journal of Business and Social Science*, v. 2, n. 2, p. 232-241, 2011.

- HERMANUS, M. A. Occupational health and safety in mining - status, new developments, and concerns. *The Journal of The Southern African Institute of Mining and Metallurgy*, v. 107, p. 531-538, 2007.
- HERVANI, A. A.; HELMS, M. M.; SARKIS, J. Performance measurement for green supply chain management. *Benchmarking*, v. 12, p. 330 – 353, 2005.
- HESS, B.; CULLMANN, A. Efficiency analysis of East and West German electricity distribution companies e Do the Osis really beat the Wesis?. *Utilities Policy*, v. 15, p. 206-14, 2007.
- HORVÁTHOVÁ, J.; MOKRIŠOVÁ, M.; VRÁBLIKOVÁ, M. Integration of balanced scorecard and data envelopment analysis to measure and improve business performance. *Management Science Letters*, v. 9, p. 1321–1340, 2019.
- HRISTOV, I.; CHIRICO, A.; APPOLLONI, A. Sustainability Value Creation, Survival, and Growth of the Company: A Critical Perspective in the Sustainability Balanced Scorecard (SBSC). *Sustainability*, v. 11, p. 1-19, 2019.
- HUANG, T.; PEPPER, M.; BOWREY, G. Implementing a Sustainability Balanced Scorecard to Contribute to the Process of Organisational Legitimacy Assessment. Australas. *Journal of Business Finance & Accounting*, v. 8, p. 15–34, 2014.
- HVOLBY, H.; THORSTENSON, A. Performance Measurement in Small and Medium-Sized Enterprises, In: 3rd International Conference on Stimulating Manufacturing Excellence in SMEs, *Proceedings...* Coventry University, 2000.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Área Territorial Oficial*. Rio de Janeiro: IBGE, 2018.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Estimativas populacionais para os municípios e para as Unidades da Federação brasileiros em 01.07.2018*. Rio de Janeiro: IBGE, 2018.
- INDRA, J.; ANANTADJAVA, S. P. Balancing Firm's Scores: A performance and Control study in Indonesia financing industry, the 7th Asia Pacific Management Accounting Association Conference, *Proceedings...* Shah Alam, Selangor, Malaysia: APMAA, 2011.
- IŠORAITĚ, M. The Balanced Scorecard Method: from Theory to Practice. *Intellectual Economics*, v. 1, n. 3, p. 18–28, 2008.
- ISMAIL, R.; SULAIMAN, N. Technical efficiency in Malay manufacturing firms. *International Journal of Business and Society*, v. 8, n. 2, p. 47-62, 2007.
- ITEP. Instituto de Tecnologia de Pernambuco. *Centro Tecnológico do Gesso: Pólo Gesseiro do Araripe*. Site institucional. Recife-PE, 2019.
- IPA. Instituto Agrônômico de Pernambuco. *Potencialidades Ambientais do Polo Gesseiro do Araripe*. 2014.
- JARRAH, I. M. The use of DEA in measuring efficiency in Arabian banking. *Banks and Bank Systems*, v. 2, n. 4, p. 21-30, 2007.

- JOHNES, J. Data envelopment analysis and its application to the measurement of efficiency in higher education. *Economics of Education Review*, v. 25, n. 3, p. 273-288, 2006.
- JUNG, J. Y.; WANG, J. Y.; WU, S. Competitive strategy, TQM practice, and continuous improvement of international project management: A contingency study, *International Journal of Quality & Reliability Management*, v. 26, n. 2, p. 164-183, 2008.
- KAO, C.; HWANG, S-N. Efficiency decomposition in two-stage Data Envelopment Analysis: An application to non-life insurance companies in Taiwan. *European Journal of Operational Research*, v. 185, p. 418-429, 2008.
- KAPLAN, R. S.; NORTON, D. P. The Balanced Scorecard: Measures that drives performance. *Harvard Business Review*, v. 70, n. 1, p. 71-79, 1992.
- KAPLAN, R. S.; NORTON, D. P. Using the Balanced Scorecard as a strategic management system. *Harvard Business Review*, v. 74, n. 1, p. 75-85, 1996.
- KAPLAN, R.; NORTON, D. *El Cuadro de Mando Integral (The Balanced Scorecard)*. Barcelona: Ediciones Gestión, 2000.
- KAUPPINEN, T.; KHAJEHZADEH, N. Sustainability in the exploration phase of mining: a Data Envelopment Analysis approach. *IFAC-PapersOnLine*, v. 48, n. 17, p. 114-118, 2015.
- KIJEWSKA, A. Determinants of the Return on Equity Ratio (ROE) on the example of companies from metallurgy and mining sector in Poland. *Metalurgija*, v. 55, n. 2, p. 285-288, 2016.
- KITULA, A. G. N. The environmental and socio-economic impacts of mining on local livelihoods in Tanzania: a case study of Geita district. *Journal of Cleaner Production.*, v. 14 , n. 3-4, p. 405-414, 2006.
- KOLBARI, S. Investigating Challenges and Assessing Managers' Capabilities for Risk Management in Small and Medium-Sized Enterprises at the Time of Financial Crisis in Developing Economies. *Revista Gestão e Tecnologia*, v. 19, p. 44-56, 2019.
- KOLLBERG, B.; ELG, M.; LANDMARK, J. Design and implementation of a performance measurement system in swedish health care services, a multiple case study of six development teams, *Quality Management in Health Care*, v. 14, n. 2, p. 95-111, 2005.
- KOTEY, B.; O'DONNELL, C. J. Data Envelopment Analysis in Small and Medium Enterprises: A Study of the Australian Food, Beverages and Tobacco Manufacturing Industry. *Small Enterprise Research*, v. 10, n. 2, p. 3-22, 2002.
- KOTZE, R. L. M.; VISSER, J. K. An analysis of maintenance performance systems in the South African mining industry. *South African Journal of Industrial Engineering*, v. 23, n. 3, p. 13-29, 2012.
- KUAH, C. T.; WONG, K. Y.; WONG, W. P. Monte Carlo Data Envelopment Analysis with genetic algorithm for knowledge management performance measurement. *Expert Systems with Applications*, v. 39, p. 9348-9358, 2012.

KUMAR, N. P. Analysing the Benefits of Value Stream Mapping in Mining Industry. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, v 3, n. 10, p. 16668-16673, 2014.

LAM, T.; ZHANG, H.; BAUM, T. An investigation of employees job satisfaction: The case of hotels in Hong Kong. *Tourism Management*, v. 22, p. 157-165, 2001.

LAUFS, K.; BEMBOM, M.; SCHWENS, C. CEO characteristics and SME foreign market entry mode choice: The moderating effect of firm's geographic experience and host-country political risk. *International Marketing Review*, v. 33, p. 246–275, 2016.

LAWRIE, G.; COBBOLD, I. ThirdGeneration Balanced Scorecard: Evolution of an Effective Strategic Control Tool. *International Journal of Productivity and Performance Management*, v. 53, n. 7, p. 611- 623, 2004.

LEE, J.; KIM, C.; CHOI, G. Exploring Data Envelopment Analysis for measuring collaborated innovation efficiency of small and medium-sized enterprises in Korea. *European Journal of Operational Research*, v.278, n. 2, p. 533-545, 2019.

LEE, N. Measuring the performance of public sector organisations: A case study on Public Schools in Malaysia. *Measuring Business Excellence*, v. 10, n. 4, p. 50-64, 2006.

LEIBLEIN, M. J.; REUER, J. J.; ZENGER, T. R. What makes a decision strategic? *Strategy Science*, v. 3, n. 4, p. 558-573, 2018.

LEONARD, D.; MCADAM, R. An evaluative framework for TQM dynamics in organizations, *International Journal of Operations and Production Management*, v. 23, n. 6, p. 652-677, 2003.

LERTWORASIRIKUL, S.; FANG, S-C.; JOINES, J. A.; NUTTLE, H. L. W. Fuzzy Data Envelopment Analysis (DEA): a possibility Approach. *Fuzzy Sets and Systems*, v. 139, p. 379–394, 2003.

LESÁKOVÁ, L.; DUBCOVÁ, K. Knowledge and Use of the Balanced Scorecard Method in the Businesses in the Slovak Republic. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, v. 230, p. 39 – 48, 2016.

LETA, F. R.; MELLO, J. C. C. B. S.; GOMES, E. G.; ÂNGULO MEZA, L. Métodos de melhora de ordenação em DEA aplicados à avaliação estática de tornos mecânicos. *Investigação Operacional*, v. 25, n. 2, p. 229-242, 2005.

LEVINO, N. A.; LIMA, E. C. P.; VIANA, J. C. Educação como instrumento de desenvolvimento econômico local: um estudo de caso sobre o Polo gesseiro do Araripe - Pernambuco. In: XXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2009, Salvador-BA. *Anais... XXIX ENEGEP*, 2009.

LEWRY, A. J.; WILLIAMSON, J. The setting of gypsum plaster - Part I The hydration of calcium sulphate hemihydrate. *Journal of Materials Science*, v. 29, p. 5279–5284, 1994.

LIN, H. F. Linking knowledge management orientation to balanced scorecard outcomes. *Journal of Knowledge Management*, v. 19, n. 6, p. 1224–1249, 2015.

- LOSFELD, G.; L'HUILLIER, L.; FOGLIANI, B.; JAFFRE, T.; GRISON, C. Mining in New Caledonia: environmental stakes and restoration opportunities. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 22, p. 5592–5607, 2015.
- LOTFI, M. R.; GHADIKOLAEI, M. H.; HEMMATI, K. Measuring the relative performance in mining industry: A case study of cooperative Seif mining company. *Management Science Letters*, v. 3, p. 2513–2516, 2013.
- LOTHGREN, M.; TAMBOUR, M. Bootstrapping the Data Envelopment Analysis Malmquist Productivity Index. *Applied Economics*, v. 31, n. 4, p. 417-425, 1999.
- LOVELL, C. A. K.; ROUSE, A. P. B. Equivalent standard DEA models to provide super-efficiency scores. *Journal of the Operational Research Society*, v. 54, n. 1, p. 101–108, 2003.
- LOZANO, S.; VILLA, G.; BRANNLUND, R. Centralized reallocation of emission permits using DEA. *European Journal of Operational Research*, v. 193, p. 752–760, 2009.
- LUEG, R. Success Factors in Balanced Scorecard Implementations – A Literature Review. *Management Review*, v. 26, n. 4, p. 306-327, 2015.
- LUSSIER, R. N.; SONFIELD, M. C. Micro” versus “small” family businesses: a multinational analysis. *Journal of Small Business and Enterprise Development*, v. 22, n. 3, p. 380 – 396, 2015.
- LUZ, A. B.; BALTAR, C. A. M.; FREITAS, E. J. G.; SILVA, A. P. *Gesso: Mineração São Jorge*. In: Usinas de Beneficiamento de Minérios do Brasil, SAMPAIO, J. A.; LUZ, A. B.; e LINS, F. F., CETEM-MCT, Rio de Janeiro, p. 240-249, 2001.
- LYRA SOBRINHO, A. C. P.; AMORIM NETO, A. A.; DANTAS, J. O. C. *Gipsita*. In: Sumário Mineral Brasileiro. DNPM - Departamento Nacional da Produção Mineral, Brasil, 2011.
- LYRA SOBRINHO, A.C.P. *O Mercado de Gipsita e Gesso no Brasil*. DNPM. Brasília-DF: 2002.
- MADSEN, D. Ø. The Balanced Scorecard in the Context of SMEs: A Literature Review. *Review of Business Research*, v. 15, n. 3, p. 75-86. 2015.
- MAGALLANES-RIVERA, R. X.; JUAREZ-ALVARADO, C. A.; VALDEZ, P.; MENDOZA-RANGEL, J. M. Modified gypsum compounds: An ecological-economical choice to improve traditional plasters. *Construction and Building Materials*, v. 37, p. 591–596, 2012.
- MAIGA, A.S.; JACOBS, F. A. Balanced scorecard, activity-based costing and company performance: An empirical analysis. *Journal of Management*, v. 15, p. 283–301, 2003.
- MALAGUEÑO, R.; LOPEZ-VALEIRAS, E.; GOMEZ-CONDE, J. Balanced Scorecard in SMEs: effects on innovation and financial performance, *Small Business Economics*, v. 51, n. 1, p. 221-244, 2018.
- MALESIOS, C.; · DEY, P. K.; · ABDELAZIZ, F. B. Supply chain sustainability performance measurement of small and medium sized enterprises using structural equation modeling. *Annals of Operations Research*, p. 1-31, 2018.

MALIK, M.; EFENDI, S.; ZARLIS, M. Data Envelopment Analysis (DEA) Model in Operation Management. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, v. 300, n. 12008, 2018.

MANOHARAN, T. R.; MURALIDHARAN, C.; DESHMUKH, S. G. Employee Performance Appraisal Using Data Envelopment Analysis: A case study. *Research and Practice in Human Resource Management*, v. 17, p. 92-101, 2009.

MARIANO, E. B.; SOBREIRO, V. A.; REBELATTO, D. A. D. Human development and Data Envelopment Analysis: a structured literature review. *Omega-International Journal of Management Science*, v. 54, p. 33-49, 2015.

MARTIC, M.; NOVAKOVIC, M.; BAGGIA, A. Data Envelopment Analysis - Basic Models and their Utilization. *Organizacija*, v. 42, n. 2, p. 37-43, 2009.

MASTERNAK-JANUS, A.; MASTERNAK, K. Data envelopment analysis models for the assessment of efficiency of sustainable forest management in Poland. *Folia Forestalia Polonica*, v. 61, n. 3, p. 182-196, 2019.

MCLARTY, R.; PICHANIC, M.; SRPOVA, J. Factors Influencing the Performance of Small to Medium-Sized Enterprises: An Empirical Study in the Czech Republic. *International Journal of Management*, v. 29, n. 3, 2012.

MEDEIROS, M. S.; HURTADO-GUERRERO, J. C.; SILVA, L. G. A. A Saúde no Contexto do Polo Gesseiro de Araripina-Pernambuco, Brasil. *Saúde e Sociedade*, v. 19, n. 2, p. 358-370, 2010.

MEHRA, S.; HOFFMAN, J. M.; SIRIAS, D. TQM as a management strategy for the next millennia. *International Journal of Operations & Production Management*, v. 21, n. 5/6, p. 855-876, 2001.

MELNYK, O.; SROKA, W.; ADAMIV, M.; SHPAK, Y. Information Diagnostic Support of Enterprise under the Conditions of Uncertainty. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, v. 65, p. 1403-1414, 2017.

MELO, K. K. S.; LIMA, A. P. C.; SANTANA, M. C.; ANDRADE, V. C. P.; BRAGA, A. L. C.; CORREIA, K. V. Caracterização química e mineralógica dos resíduos da mineração de Gipsita no semiárido pernambucano. *Holos*, v. 6, n. 33, p. 194-200, 2017.

MELLO, M. H. C. S.; QUINTELLA, H. L. M. M.; SOARES DE MELLO, J. C. C. B. Avaliação do desempenho de alunos considerando classificações obtidas e opiniões dos docentes. *Investigação Operacional*, v. 24, 2004.

MELLO, J. C. C. B. S.; GOMES, E. G.; MEZA, L. A.; LETA, F. R. DEA Advanced Models for Geometric Evaluation of used Lathes. *WSEAS Transactions on Systems*, v. 7, n. 5, p. 510-520, 2008.

MEMARI, F.; MOMENI, M.; GHASEMI, A. R. Synthetic application of data envelopment analysis and balanced scorecard for systems performance Evaluation: A Review. *International Research Journal of Applied and Basic Sciences*, v. 8, n. 10, p. 1525-1530, 2014.

- MEZA, L. A.; BIONDI NETO, L.; MELLO, J. C. C. B. S.; GOMES, E. G. ISYDS– Integrated System for Decision Support (SIAD – Sistema Integrado de Apoio a Decisão): a software package for data envelopment analysis model. *Pesquisa Operacional*, v. 25, n. 3, p. 493-503, 2005.
- MEYBODI, A. E.; AFGHAH, M.; SEFATI, M. H. R. Measuring the Technical Efficiency and Productivity in Steam, Gas and Combined Cycle Power Stations. *The Quarterly of Quantitative Economy*, v. 3, n. 6, p. 79-103, 2009.
- MICHELI, P.; MARI, L. The theory and practice of performance measurement. *Management Accounting Research*, v. 25, n. 2, p. 147–156, 2014.
- MIKUŠOVÁ, M. To be or not to be a business responsible for sustainable development? Survey from small Czech businesses. *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*, v. 30, p. 1318–1338, 2017.
- MILLER, N. J.; BERGTOLD, J. S.; FEATHERSTONE, A. M. Economic elasticities of input substitution using data envelopment analysis. *PloS one*, v. 14, n. 8, p. 1- 15, 2019.
- MIN, H.; MIN, H.; JOO, S. A data envelopment analysis-based balanced scorecard for measuring the comparative efficiency of Korean luxury hotels. *International Journal of Quality & Reliability Management*, v. 25, p. 349-365, 2008.
- MITROPOULOS, P.; TALIAS, M. A.; MITROPOULOS, I. Combining stochastic DEA with Bayesian analysis to obtain statistical properties of the efficiency scores: An application to Greek public hospitals. *European Journal of Operational Research*, v. 243, p. 302–311, 2015.
- MODAK, M.; PATHAK, K.; GHOSH, K. K. Performance evaluation of outsourcing decision using a BSC and Fuzzy AHP approach: A case of the Indian coal mining organization. *Resources Policy*, v. 52, p. 181–191, 2017.
- MOHAMMADI, M.; RAI, P.; GUPTA, S. Performance Measurement of Mining Equipment. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, v. 5, n. 7, p. 240-248, 2015.
- MOHMUDI, J.; NALCHIGAR, S.; EBRAHIMI, S. B. Two DEA Models Employment in IS Project Selection for Iran Ministry of Commerce, *International Journal of Industrial Engineering & Production Research*, v. 20, p. 77-81, 2009.
- MONK, R. Why Small Businesses Fail. *CMA Management*, v. 74, n. 6, p. 12-13, 2000.
- MORISAWA, T.; KUROSAKI, H. Using the Balanced Scorecard in Reforming Corporate Management Systems. *NRI Papers*, v. 71, p. 1-15, 2003.
- MUDD, G. M. Sustainability Reporting and the Platinum Group Metals: A Global Mining Industry Leader? *Platinum Metals Review*, v. 56, n. 1, p. 2–19, 2012.
- MUTINGI, M.; NANGOLO, V.; MUSIYARIRA, H.; MBOHWA, C. Adoption of Maintenance Key Performance Indicators in the Namibian Mining Industry. World Congress on Engineering and Computer Science, 2016, *Proceedings... v. II : WCECS 2016*, October 19-21, 2016, San Francisco, USA. 2016.

NAKATSUKA, S. Management strategy evaluation in regional fisheries management organizations – How to promote robust fisheries management in international settings, *Fisheries Research*, v. 187, p. 127-138, 2017.

NAPITU, A. H. Design of Performance Management System for Underground Mining Construction Using Integrated Performance Management System. *Journal of Economics, Business and Management*, v. 5, n. 9, p. 314-323, 2017.

NATHANAIL, E. Measuring the quality of service for passengers on the Hellenic railways. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, v. 42, n. 1, p. 48-66, 2008.

NG, H.; KEE, D. The issues and development of critical success factors for the SME success in developing countries. *International Business Management*, v. 6, n. 6, p. 680–691, 2012.

NISTOR, C. S. An empirical research about the contain of Balanced scorecard concept in public sector. *Studia Universitatis Babeş Bolyai-Negotia*, v. 3, p. 51-68, 2010.

NIVEN, P. *Balanced Scorecard step-by-step: Maximizing performance and maintaining results*. New York: John Wiley & Sons, Inc.: 2002.

NUNTSU, N.; TASSIOPOULOS, D.; HAYDAM, N. The bed and breakfast market of Buffalo City (BC), South Africa: Present status, constraints and success factors. *Tourism Management*, v. 25, n. 4, p. 515–522, 2004.

OLESEN, O. B.; PETERSEN, N. C. Indicators of ill-conditioned data sets and model misspecification in Data Envelopment Analysis: An extended facet approach. *Management Science*, v. 42, n. 2, p. 205–219, 1996.

OLIVEIRA A. E. L. R.; CICOLIN L. D. O. M. Evaluating the Logistics Performance of Brazils Corn Exports, A Proposal of Indicators, *African Journal of Agricultural Research*, v. 11, p. 693-700, 2016.

OLIVEIRA, M. A. C.; SHINOHARA, A. H. experiência com gás natural/GLP no polo gesseiro do Araripe, PE. *Cerâmica*, v. 60, n. 354, p. 243-253, 2014.

OLVE, N.; ROY, J.; WETTER, M. *Implantando y Gestionando el Cuadro de Mando Integral (Performance Drivers)*. Barcelona: Ediciones Gestión, 2000.

ORLANDO, J.; BANK, E. A New Approach to Performance Management at Deloitte. *People & Strategy*, v. 39, n. 2, p. 42-44, 2016.

OSSORIO, M.; VAN DRIESSCHE, A. E. S.; PÉREZ, P.; GARCÍA-RUIZ, J. M. The gypsum–anhydrite paradox revisited, *Chemical Geology*, v. 386, p. 16-21, 2014.

OTHMAN, F. M.; MOHD-ZAMIL, N. A.; RASID, S. Z. A.; VAKILBASHI, A.; MOKHBER, M. Data Envelopment Analysis: A Tool of Measuring Efficiency in Banking Sector. *International Journal of Economics and Financial Issues*, v. 6, n. 3, p. 911-916, 2016.

PAPENHAUSEN, C.; EINSTEIN, W. Implementing the Balanced Scorecard at a college of business. *Measuring Business Excellence Journal*, v. 10, n. 3, p. 15-22., 2006.

- PARASZCZAK, J. Understanding and assessment of mining equipment effectiveness. *Mining Technology*, v. 114, n. 3, p. 147-151, 2005.
- PARK, S. Analyzing the efficiency of small and medium-sized enterprises of a national technology innovation research and development program, *Springerplus*, v. 3, p. 403, 2014.
- PARK, J. A.; GAGNON, G. B. A causal relationship between the balanced scorecard perspectives. *Journal of Human Resources in Hospitality & Tourism*, v. 5, n. 2, p. 91-116, 2006.
- PARKS, R. B. Technical efficiency of public decision making units. *Policy Studies Journal*, v. 12, n. 2, p. 337-346, 1983.
- PARMAN, B. J.; FEATHERSTONE, A. M.; COFFEY, B. K. Estimating product-specific and multiproduct economies of scale with data envelopment analysis? *Agricultural Economics*, v. 48, n. 4, p. 523-533, 2017.
- PASCHALIDOU, G.; STIAKAKIS, E.; CHATZIGEORGIOU, A. An Application of Data Envelopment Analysis to Software Quality Assessment. In: *Balkan Conference in Informatics, Proceedings... BCI '13*, 2013, Thessaloniki, Greece, September: 19 - 21, 2013.
- PASTEUR, L. *L'Age nouveau*. Ed. 99-104, p. 66. Paris, 1957.
- PATARI, E. J.; LEIVO, T. H.; HONKAPURO, J. S. Enhancement of value portfolio performance using Data Envelopment Analysis. *Studies in Economics and Finance*, v. 27, n. 3, p. 223-246, 2010.
- PELONE, F.; KRINGOS, D. S.; ROMANIELLO, A.; ARCHIBUGI, M.; SALSIRI, C.; RICCIARDI, W. Primary care efficiency measurement using data envelopment analysis: a systematic review. *Journal of Medical Systems*, v. 39, n. 1, p. 1-14, 2015.
- PENG, Y.; CHEN, S. Y.; SHENG, W. W.; PU, Y. Efficiency Based on the Two-stage Correlative DEA Malmquist Index on Western Regional Technical Innovation. *Operations Research and Management Science*, v. 3, p. 162-168, 2013.
- PERES, L. S.; BENACHOUR, M.; SANTOS, V. A. *Gesso: produção e utilização na construção civil*. Recife/PE: SEBRAE, 2008.
- PERNAMBUCO. Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente de Pernambuco. *Região do Araripe: diagnóstico florestal*. SECTMA. Brasília – DF, Ministério do Meio Ambiente, 2007.
- PETERA, P.; WAGNER, J.; MENSÍK, M. Strategic Performance Measurement Systems Implemented in the Biggest Czech Companies with Focus on Balanced Scorecard – An Empirical Study. *Journal of Competitiveness*, v. 4, n. 4, p. 67-85, 2012.
- PONCE, A.; MCCLINTOCK, C. The explosive combination of inefficient local bureaucracies and mining production: evidence from localized societal protests in Peru. *Latin American Politics and Society*, v. 56, p. 118-140, 2014.
- PORTER, J. L. Are efforts to mechanize SA mines too focused on machinery rather than technology?, *Journal of the South African Institute of Mining and Metallurgy*, v. 114, n. 9, p. 681-692, 2014.

- POSEN, H. E.; LEIBLEIN, M. J.; CHEN, J. S. Toward a behavioral theory of real options: Noisy signals, bias, and learning. *Strategic Management Journal*, v. 39, n. 4, p. 1112–1138, 2018.
- POWELL, T. C. Competitive advantage: Logical and philosophical considerations, *Strategic Management Journal*, v. 22, n. 9, p. 875–88, 2001.
- PRAJOGO, D. I.; AHMED, P. K. Relationships between innovation stimulus, innovation capacity, and innovation performance. *R & D Management*, v. 36, n. 5, p. 499–514, 2006.
- PRUSA, J. The Most Efficient Czech SME Sectors: An Application of Robust Data Envelopment Analysis. *Czech Journal of Economics and Finance*, v. 62, n. 1, p. 44–67, 2012.
- PURNAMASARI, V.; HASTUTI, T. D.; ADVENSIA, A. Environmental perspective: a new perspective in Balanced Scorecard. *South East Asia Journal of Contemporary Business, Economics and Law*, v. 5, n. 1, p. 56–63, 2014.
- PURWANTO, N.; MANONGGA, D.; INEKE PAKERENG, M. A. Efficiency of small-and medium-sized tofu enterprises (SME) in Salatiga using Data Envelopment Analysis (DEA). *International Journal of Computer Applications*, v. 91, n. 12, p. 44–50, 2014.
- RABAR, D. An overview of Data Envelopment Analysis application in studies on the socio-economic performance of OECD countries. *Economic Research Ekonomiska Istraživanja*, v. 30, n. 1, p. 1770–1784, 2017.
- RANI, R. M.; ISMAIL, W. R.; ISHAK, I. An integrated simulation and Data Envelopment Analysis in improving SME food production system. *World Journal of Modelling and Simulation*, v. 10, n. 2, p. 136–147, 2014.
- RAPERT, M.; VELLIQUETTE, A.; GARRETSON, J. The strategic implementation process: Evoking strategic consensus through communication. *Journal of Business Research*, v. 55, p. 301–310, 2002.
- RASHIDI, K.; SHABANI, A.; SAEN, R. F. Using Data Envelopment Analysis for estimating energy saving and undesirable output abatement: A case study in the Organization for Economic CoOperation and Development (OECD) countries. *Journal of Cleaner Production*, v. 105, p. 241–252, 2015.
- REBELO, T. M.; ADELINO, D. G. Conditioning factors of an organizational learning culture. *Journal of Workplace Learning*, v. 23, n. 3, p. 173–194, 2011.
- ROCHA, R. B.; CAVALCANTI NETTO, M. A. A Data Envelopment Analysis model for rank ordering suppliers in the oil industry. *Pesquisa Operacional*, v. 22, n. 2, p. 123–131, 2002.
- ROLIM, M. M.; FRAIDENRAICH, N.; VILELA, O. C. Energia solar na produção de gesso – renovando definições. In: IV Congresso Brasileiro de Energia Solar, Recife. *Anais... IV CBENS*, Recife – PE, 2014.
- ROSEN, D.; SCHAFFNIT, C.; PARADI, J. C. Marginal rates of two-dimensional level curves in DEA. *Journal of Productivity Analysis*, v. 9, p. 205–232, 1998.

ROUSE, P.; PUTTERILL, M.; RYAN, D. Integrated performance measurement design: insights from an application in aircraft maintenance. *Management Accounting Research*, v. 13, n. 2, p. 229–248, 2002.

SÁ, I. B.; SÁ, I. I. S.; SILVA, D. F. Geotecnologias conciliando preservação ambiental e fortalecimento das atividades produtivas na região do Araripe- PE. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 13, 2007, Florianópolis. *Anais...* Florianópolis: INPE, 2007.

SADJADI, S. J.; OMRANI, H.; MAKUI, A.; SHAHANAGHI, K. An interactive robust data envelopment analysis model for determining alternative targets in Iranian electricity distribution companies. *Expert Systems with Applications*, v. 38, p. 9830-9839, 2011.

SANTOS, P. V. S. *Utilização da ferramenta Mapeamento de Fluxo de Valor (MFV) para identificação de desperdícios no processo produtivo de uma empresa fabricante de gesso*. Trabalho Final de Curso. Juazeiro (BA). Universidade Federal do Vale do São Francisco, 2018.

SANTOS, P. V. S.; CLEMENTE, T. R. N. Proposta de indicadores para avaliação de desempenho de indústrias do APL de gesso de Pernambuco. XXXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Santos – SP, *Anais...* XXXIX ENEGEP, 2019.

SANTOS, P. V. S.; SILVA, E. C. Gestão estratégica da qualidade aplicada à redução de devoluções. *NAVUS - Revista de Gestão e Tecnologia*, v. 9, p. 30-48, 2019.

SANTOS, P. V. S. Aplicação do overall equipment effectiveness no sistema produtivo de uma vinícola. *Navus - Revista de Gestão e Tecnologia*, v. 10, p. 01-14, 2020.

SARANGA, H.; MOSER, R. Performance evaluation of purchasing and supply management using value chain DEA approach. *European Journal of Operational Research*, v. 207, n. 1, p. 197–205, 2010.

SARI, D. P.; HANDAYANI, N. U.; ULKHAQ, M. M.; BUDIAWAN, W.; MAHARANI, D. L.; ARDI, F. A Data Envelopment Analysis approach for assessing the efficiency of small and medium-sized wood-furniture enterprises: a case study. *MATEC Web of Conferences*, v. 204, n. 1015, p. 1-6, 2018.

SAYED, N. Ratify, reject or revise: balanced scorecard and universities. *International Journal of Educational Management*, v. 27, n. 3, p. 2-2, 2012.

SEBRAE/PE. Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas - PE. *Pólo gesseiro cresce na Chapada do Araripe*. Site institucional. 2018.

SEO I. W.; LEE D. H.; PARK, I. S. The Empirical Study About Constructing and Application of Performance Measurement System Based on an Integrated DEA Approach. In *Convergence and Hybrid Information Technology, ICCIT, 2008, Third International Conference, Proceedings...IEEE*, 1, p.1018- 1024, 2008.

SHAFIEE, M.; LOTFI, F. H.; SALEH, H. Supply chain performance evaluation with data envelopment analysis and balanced scorecard approach. *Applied Mathematical Modelling*, v. 38, n. 21–22, p. 5092-5112, 2014.

SHWARTZ, M.; BURGESS, J.F.; ZHU, J. A DEA based composite measure of quality and its associated data uncertainty interval for health care provider profiling and pay-for-performance. *European Journal of Operational Research*, v. 253, p. 489 – 502, 2016.

SIMONS, R. Control in an age of empowerment. *Harvard Business Review*, v. 73, n. 2, p. 80-88, 1995.

SINDUSGESSO. Sindicato da Indústria do Gesso do Estado de Pernambuco. *Polo gesso do Araripe: potencialidades, problemas e soluções*. Site institucional. 2019.

SINDUSGESSO. Sindicato da Indústria do Gesso do Estado de Pernambuco. Visão Empresarial das políticas públicas de apoio aos APLs de base mineral. IX Seminário Nacional de APLs de Base Mineral. *Anais...Salvador - BA: Outubro de 2012*.

SINGH, N. B.; MIDDENDORF, B. Calcium sulphate hemihydrate hydration leading to gypsum crystallization. *Progress in Crystal Growth and Characterization of Materials*, v. 53, p. 57–77, 2007.

SMIRLIS, Y. G.; MARAGOS, E. K.; DESPOTIS, D. K. Data envelopment analysis with missing values: an interval DEA approach. *Applied Mathematics and Computation*, v. 177, n. 1, p. 1-10, 2006.

SONG, M.; AN, Q.; ZHANG, W.; WANG, Z.; WU, J. Environmental efficiency evaluation based on Data Envelopment Analysis: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16, 4465–4469, 2012.

SOUSA, J. E.; COELHO, R. O.; CLEMENTE, T. R. N. Nível de maturidade do processo de internacionalização de empresas do APL de gesso pernambucano: um estudo multicase. In: XXXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2018, Maceió - AL. *Anais...XXXVIII ENEGEP*, 2018.

SOUZA, J. C.; SILVA, R. A.; BASTOS, F. F. Características operacionais da mineração de gipsita no pólo gesso do Araripe, Pernambuco – Brasil: análise de eficiência na lavra a céu aberto. *Estudos Geológicos*, v. 23, n. 1, p. 143-156, 2013.

SPECKBACHER, G.; BISCHOF, J.; PFEIFFER, T. A descriptive analysis on the implementation of Balanced Scorecards in German-speaking countries. *Management Accounting Research*, v. 14, n. 4, p. 361–387, 2003.

STAS, D.; LENORT, R.; WICHER, P.; HOLMAN, D. Green Transport Balanced Scorecard Model with Analytic Network Process Support. *Sustainability*, v. 7, p. 15243–15261, 2015.

STAVAREK, D.; REPKOVA, I. Efficiency in the Czech banking industry: A non-parametric approach. *ACTA Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis Journal*, v. 60, n. 2, p. 357-66, 2012.

STENFORS, S.; TANNER, L.; SYRJÄNEN, M.; SEPPÄLÄ, T.; HAAPALINNA, I. Executive Views Concerning Decision Support Tools, *European Journal of Operational Research*, v. 181, n. 2, p. 929 – 938, 2007.

STIAKAKIS, E.; SIFALERAS, A. Combining the priority rankings of DEA and AHP methodologies: A case study on an ICT industry. *International Journal of Data Analysis Techniques and Strategies*, v. 5, p. 101–114, 2013.

STIELS, C.; BRÖMME, K.; STOLPE, H. Gis-application for environmental management in mining areas on the example of the quang ninh province, Vietnam. International Symposium on Geoinformatics for Spatial Infrastructure Development in Earth and Allied Sciences, 2010, *Proceedings...* 9-11 December, Vietnam, 2010.

STONEHOUSE, G.; PEMBERTON, J. Strategic Planning in SMEs—Some Empirical Findings. *Management Decision*, v. 40, n. 9, p. 853–861, 2002.

SUN, J, YAO, M.; ZHANG, W.; CHEN, Y.; LIU, Y. Entrepreneurial environment, market-oriented strategy, and entrepreneurial performance: A study of Chinese automobile firms. *Internet Research*, v. 26, n. 2, p. 546 – 562, 2016.

SUSANTY, A.; HARTINI, S.; PUSPITASARI, D.; ARSIWI, P. Measuring Efficiency of Using Resource in the Production Process of Making Stamped-Batik: A DEA Approach. *Mediterranean Journal of Social Sciences*, v. 6, n. 5, p. 318 - 327, 2015.

TAPINOS, E.; DYSON, R.; MEADOWS, M. Does the Balanced Scorecard Make a Difference to the Strategy Development Process? *The Journal of the Operational Research Society*, v. 62, n. 5, p. 888 - 899, 2011.

TAVANA, M.; KAZEMI, S.; MAVI, R. K. A stochastic Data Envelopment Analysis model using a common set of weights and the ideal point concept. *International Journal Applied Management Science*, v. 7, n. 2, p.81–92, 2015.

TEMTIME, Z. T.; PANSIRI, J. Small business critical success/failure factors in developing economies: Some evidence from Botswana. *American Journal of Applied Science*, v. 1, n. 1, p. 18–25, 2004.

THANASSOULIS, E. A comparison of regression analysis and data envelopment analysis as alternative methods of performance assessment. *Journal of the Operational Research Society*, v. 44, n. 11, p. 1129–1144, 1993.

THEODORIDIS, A. M.; PSYCHOUDAKIS, A.; CHRISTOFI, A. Data Envelopment Analysis as a Complement to Marginal Analysis. *Agricultural Economics Review*, v. 7, n. 2, p. 55, 2006.

THOMPSON, K. R ; MATHYS, N. J. The Aligned Balanced Scorecard: An Improved Tool for Building High Performance Organizations. *Organizational Dynamics*, v. 37, n. 4, p. 378–393, 2008.

TONIOLO, E. R.; PAUPITZ, J.; CAMPELLO, F. B. *Polo gesseiro de Pernambuco: diagnóstico e perspectivas de utilização dos energéticos florestais na região do Araripe*. Projeto Conservação e Uso Sustentável da Caatinga MMA/PNUD/GEF/BRA/02/G31, Fortaleza - CE, Brasil, 2005.

TSAI, W. H.; CHOU, W. C.; HSU, W. The sustainability balanced scorecard as a framework for selecting socially responsible investment: an effective MCDM model. *Journal of the Operational Research Society*, v. 60, p. 1396 – 1410, 2009.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS. NESP - Núcleo de Pesquisa em Eficiência, Sustentabilidade e Produtividade SDEA. Software for Data Envelopment Analysis (SDEA®). Versão 1.0.1.22, [S. l.]: UFMG, 2015.

VAN VUUREN, D. P.; BOUWMAN, A. F.; BEUSEN, A. H. W. Phosphorus demand for the 1970–2100 period: a scenario analysis of resource depletion. *Global Environmental Change*, v. 20, p. 428–439, 2010.

VARIAN, H. *Microeconomía Intermedia*. Antoni Bosch, España: 1998.

VASQUEZ-ROWE, I.; VILLANUEVA-REY, P.; IRIBARREN, D.; MOREIRA, M. T.; FEIJOO, G. Joint lifecycle assessment and data envelopment analysis of grape production for vinification in the Rías Baixas appellation (NW Spain). *Journal of Cleaner Production*, v. 27, p. 92–102, 2012.

VERGOLINO, J. R.; BARROS, A. B. B.; NUNES NETO, A. P. Fatores competitivos da cadeia produtiva do gesso: o caso do pólo do Araripe em Pernambuco. In: XXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2006, Fortaleza. *Anais...* Fortaleza – CE, 2006.

VITALIEVNA, N. O.; MIHAILOVNA, S. V. Managing A Mining Enterprise on the Basis of the Balanced Scorecard. *Biosciences Biotechnology Research Asia*, v. 12, n. 2, p. 1031-1040 2015.

WALL, T. D.; MICHIE, J.; PATTERSON, M.; WOOD, S. J.; SHEEHAN, M.; CLEGG, C. W.; WEST, M. On the validity of subjective measures of company performance. *Personnel Psychology*, v. 57, p. 95-118, 2004.

WANG, W.; ZHANG, C. Evaluation of relative technological innovation capability: Model and case study for China's coal mine. *Resources Policy*, v. 58, p. 144–149, 2018.

WATTS, D. B.; TORBERT, H. A. Impact of gypsum applied to grass buffer strips on reducing soluble P in surface water runoff. *Journal of Environmental Quality*, v. 38, p. 1511–1517, 2009.

WEISSENBERGER-EIBL, M. A.; ALMEIDA, A.; SEUS, F. A Systems Thinking Approach to Corporate Strategy Development, *Systems*, v. 7, n. 16, p. 1-10, 2019.

WEN, M.; YOU, C.; KANG, R. A new ranking method to fuzzy Data Envelopment Analysis. *Computers and Mathematics with Applications*, v. 59, p. 3398-3404, 2010.

WHEELEN, T. L.; HUNGER, J. D. *Strategic Management and Business Policy* (9th ed.), Prentice Education, Inc., New Jersey: 2004.

WILSON, M. L.; RENNE, E.; RONCOLI, C.; AGYEI-BAFFOUR, P.; TENKORANG, E. Y. Integrated Assessment of Artisanal and Small-Scale Gold Mining in Ghana — Part 3: Social Sciences and Economics. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 12, p. 8133-8156, 2015.

WRIGHT, R. P.; PAROUTIS, S. E.; BLETTNER, D. P. How Useful Are the Strategic Tools We Teach in Business Schools?, *Journal of Management Studies*, v. 50, n. 1, p. 92–125, 2013.

YAMADA, Y.; MATUI, T.; SUGIYAMA, M. New analysis of efficiency based on DEA. *Journal of the Operations Research Society of Japan*, v. 37, p. 158-167, 1994.

YIANNAKI, S. M. A systemic risk management model for SMEs under financial crisis. *International Journal of Organizational Analysis*, v. 20, n. 4, p. 406–422, 2015.

YILDIRIM, N.; BIRINCI, S. Impacts of organizational culture and leadership on business performance: A case study on acquisitions. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, v. 75, p. 71–82, 2013.

ZERE, E.; MBEELI, T.; SHANGULA, K.; MANDLHATE, C.; MUTIRUA, K.; TJIVAMBI, B.; KAPENAMBILI, W. Technical efficiency of district hospitals: evidence from Namibia using data envelopment analysis. *Cost Effectiveness and Resource Allocation*, v. 4, n. 1, 2006.

ZHENG, W.; YANG, B.; MCLEAN, G. N. Linking organizational culture, structure, strategy, and organizational effectiveness: Mediating role of knowledge management. *Journal of Business Research*, v. 63, p. 763–771, 2010.

ZHOU, P.; ANG, B. W.; POH, K. L. A survey of Data Envelopment Analysis in energy and environmental studies. *European Journal of Operational Research*, v. 189, p. 1–18, 2008.

ZHOU, P.; POH, K. L.; ANG, B. W. A non-radial DEA approach to measuring environmental performance. *European Journal of Operational Research*, v. 178, n. 1, p. 1–9, 2007.

ZHOU, H.; YANG, Y.; CHEN, Y.; ZHU, J. Data envelopment analysis application in sustainability: The origins, development and future directions. *European Journal of Operational Research*, v. 264, p. 1–16, 2018.

## APÊNDICE A - QUESTIONÁRIO



**Universidade Federal de Pernambuco – UFPE**  
Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção – PPGE  
Rodovia BR 104, KM 59, s/n, Sítio Juriti, Zona Rural  
CEP: 55014-900, Caruaru - PE

### Questionário

Prezado (a), este formulário faz parte da pesquisa intitulada “Identificação de Estratégias para a Melhoria do Desempenho de Organizações Atuantes no Polo Gesseiro de Pernambuco”, desenvolvida pelo aluno de mestrado Pedro Vieira Souza Santos com orientação da Professora Dr.<sup>a</sup> Thárcylla Rebecca Negreiros Clemente.

Os dados coletados serão utilizados exclusivamente para fins acadêmicos e o sigilo acerca da identificação da empresa será mantido. Desde já, agradecemos a contribuição para com a pesquisa e nos colocamos à disposição para quaisquer dúvidas.

#### **Dados gerais:**

- Identificação (Nome ou razão social - Opcional):
- Local da empresa (cidade):
- Porte da empresa (  ) Pequena e Média Empresa ou (  ) Grande
- Tempo de atuação no mercado (em anos):
- Tipo de produto fabricado:

#### **Perspectiva financeira**

- Quantidade média de vendas (mensais/kg ou sacos de 40 kg):
- Investimento médio destinado a equipamentos (% do orçamento geral):
- Investimento médio destinado a infraestrutura (% do orçamento geral):
- Custo de transporte/frete por tonelada (% do valor do produto):
- Custo total de pessoal (% do orçamento geral):
- Custo médio com despesas administrativas gerais, como propaganda, jurídico, limpeza, insumos e outros) (% do orçamento geral):

#### **Perspectiva de processos internos**

- Número de fornos para calcinação:
- Tipo de forno:
- Capacidade de britagem (em ton.):
- Número de linhas de produção:
- Quantidade de máquinas para ensaque:

- Consumo mensal de gipsita (em tonelada/mensais):
- Consumo de combustível (média mensal – em ton.):
- Quantidade de ações (ou padrões) de promoção de desenvolvimento sustentável (mensais):
- Investimento em projetos e tecnologias ambientais (% do orçamento mensal):
- Quantidade de registro de afastamento por doença ocupacional (mensais):
- Criação de oportunidades temporárias (mensais):
- Acidentes de trabalho registrados (mensais):
- Volume de produção de resíduos/gesso de limpeza (ou rejeitos/em kg/tonelada):
- Porcentagem média de utilização da capacidade de produção:
- Toneladas processadas por hora (média mensal):
- Quantidade de sacos processados por linha de produção:
- Tempo gasto para produção de uma batelada/lote de gesso:

#### **Perspectiva do cliente**

- Quantidade de clientes ativos:
- Quantidade de reclamações registradas (por mês):
- Porcentagem de vendas perdidas ou canceladas pelo cliente (mensais):
- Volume de produtos vendidos (em sacos 40kg/mensais):
- Aumento no número de novos clientes na região (acumulado no mês):
- Cumprimento do prazo de entrega ao cliente (Registro de atrasos na entrega acumulados no mês):

#### **Perspectiva do aprendizado e crescimento**

- Quantidade de funcionários:
- Número de programas de treinamento e capacitação de colaboradores (mensais):
- Porcentagem de absenteísmo (mensal):
- Produtividade por turno (média produzida em cada turno trabalhado – em ton.):
- Horas extras de trabalho de funcionários (número acumulado no mês):

Atenciosamente,

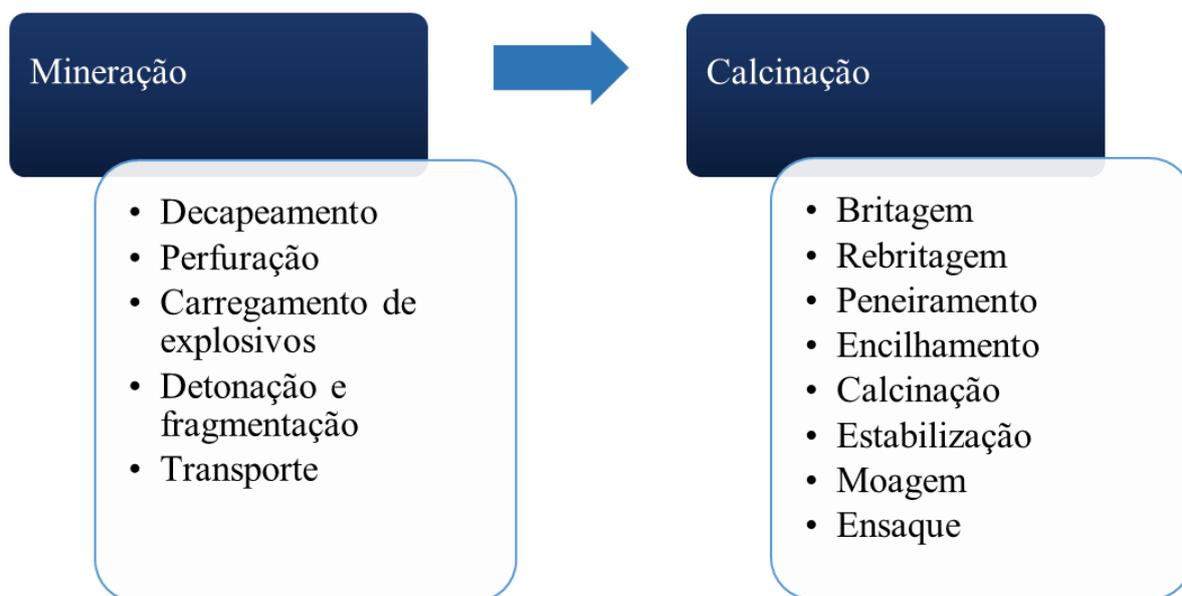
Pedro Vieira Souza Santos – PPGEP/UFPE  
087 99657 0094 / pedrovieirass@hotmail.com

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Thárcylla Rebecca Negreiros Clemente - PPGEP/UFPE  
(81) 2103-9199 / trnegreiros@gmail.com

## APÊNDICE B – PROCESSO GERAL DE MINERAÇÃO E CALCINAÇÃO DE GIPSITA

A Figura 15 mostra as etapas gerais inerentes ao processo de Lavra de Gipsita no APL Gesseiro do Araripe, que é realizada através de operações a céu aberto, visto que se trata de depósitos horizontais e próximos à superfície. Além disso, apresenta as etapas executadas pelas empresas calcinadoras, para produção do Gesso.

Figura 15 - Processo de Lavra e Calcinação de Gipsita



Fonte: Ministério de Minas e Energia (MME) (2009), Lyra Sobrinho et al. (2011).

No campo da mineração, as atividades seguem o fluxo da Figura 16.

Figura 16 - Operações executadas na mineração



Fonte: Adaptado de Ministério de Minas e Energia (MME), 2009.

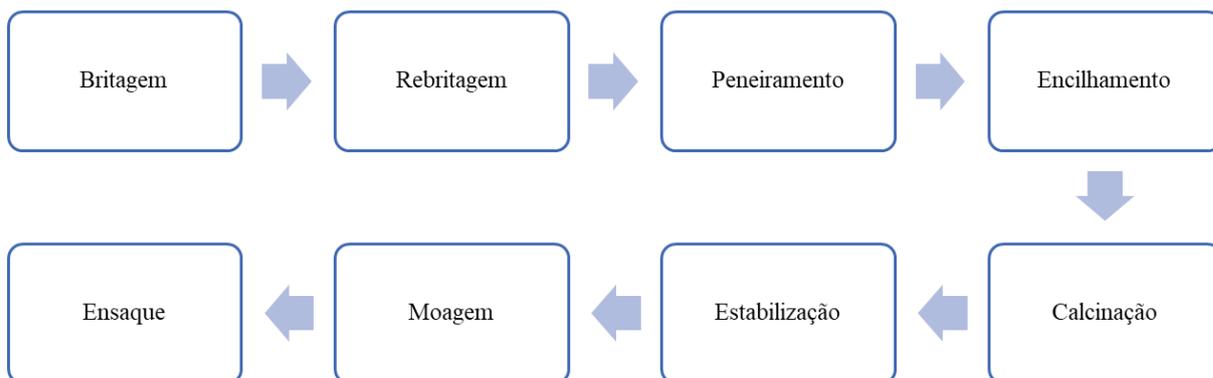
As etapas da Figura 16 são descritas como:

- Decapeamento: tem como finalidade a retirada de estéril (material sem valor agregado) para exposição da camada de minério;
- Perfuração: realização de furos no material mineral para alocar os explosivos;
- Carregamento de explosivos: introdução dos explosivos nos furos feitos no material;
- Detonação e Fragmentação: detonação de explosivos para desagregação primária em grandes blocos do corpo mineral;

- Transporte: do produto *in natura* para as usinas ou estoques.

Na fase de beneficiamento do minério, feito nas calcinadoras, tem-se a seguinte sequência de atividades, conforme Figura 17.

*Figura 17 - Operações executadas na calcinadora*



*Fonte: Adaptado de Peres et al., 2008 e de Santos, 2018.*

Cada etapa apontada na Figura 17, pode ser descrita como:

- Britagem: executa-se a fragmentação do bloco de minério, por meio de britadores de mandíbula;
- Rebritagem: operação para reduzir o tamanho do material, feita por um moinho de martelos;
- Peneiramento: passagem do minério em peneira para atendimento às normas técnicas quanto à sua granulometria;
- Encilhamento: material é direcionado aos silos para estocagem;
- Calcinação: desidratação parcial da gipsita em fornos, a uma temperatura de 140°C à 160°C;
- Estabilização: armazenagem do material em silos, com a finalidade de proporcionar a estabilização de seus constituintes e torná-lo homogêneo;
- Moagem: feita em moinho, atendendo as especificações de mercado para o produto;
- Ensaque: etapa onde o material é colocado em sacos para posterior colocação em pallets para armazenagem.

## APÊNDICE C – INTERVALO DE VALORES DOS PARÂMETROS

De acordo com a Tabela 5 abaixo, pode-se observar o intervalo de valores para cada parâmetro (em ordem alfabética), obtida a partir do *software* SDEA®.

Tabela 5 - Intervalo de dados para cada parâmetro

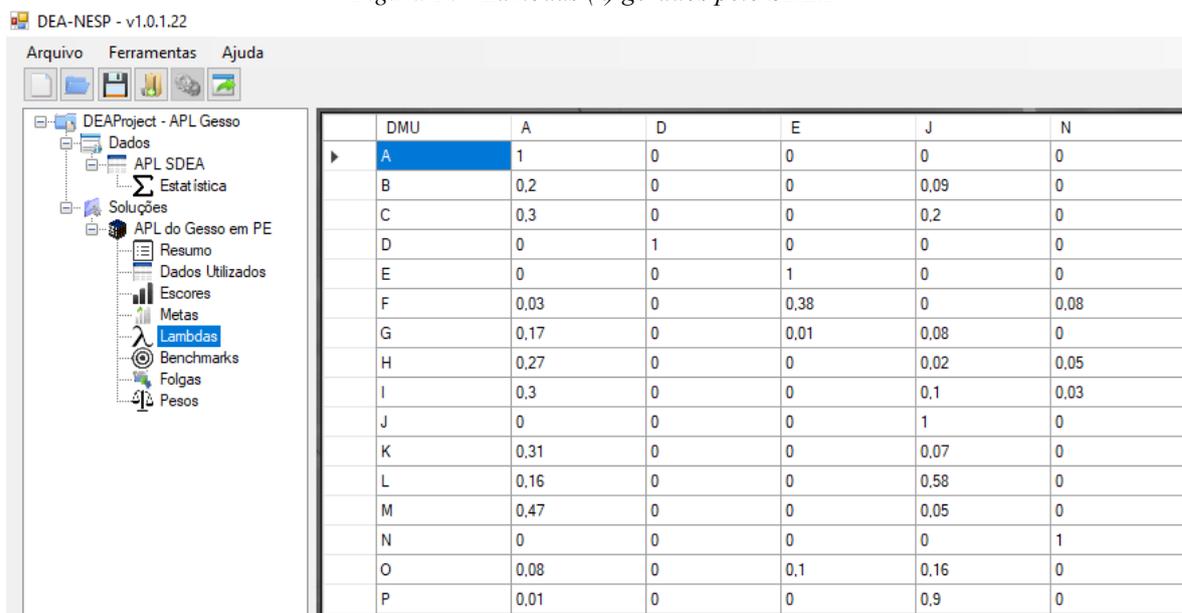
Parâmetro	Mínimo	Máximo	Média
Absenteísmo	0,00	0,10	0,02
Acidentes de Trabalho	0,00	2,00	0,50
Ações Sustentáveis	0,00	3,00	1,31
Afastamento por Doença ocupacional	0,00	3,00	0,94
Capacidade de Produção	0,33	1,00	0,76
Capacidade de britagem	30,00	55,00	43,56
Clientes Ativos	17,00	138,00	38,94
Custo com despesas administrativas	0,14	0,40	0,21
Custo do frete	0,10	0,16	0,12
Custo de pessoal	0,05	0,31	0,24
Fornos	1,00	5,00	2,19
Funcionários	6,00	60,00	17,63
Gipsita	900,00	11000,00	4128,13
Horas extras	0,00	22,00	3,88
Investimentos ações ambientais	0,00	5,00	0,69
Investimento em equipamentos	0,05	0,45	0,13
Investimento em infraestrutura	0,05	0,32	0,17
Lenha	100,00	480,00	238,13
Linhas de produção	1,00	5,00	2,13
Máquinas de ensaque	1,00	5,00	2,31
Média de vendas	5000,00	200000,00	36237,50
Novos Clientes	0,00	23,00	5,94
Oportunidades Temporárias	0,00	6,00	2,13
Prazo de Entrega	0,90	1,00	0,97
Produtividade Por Turno	5,60	60,80	19,81
Reclamações	0,00	2,00	0,38
Resíduos	2,50	25,00	10,61
Sacos Por Linha	1115,00	24000,00	6116,25
Toneladas Processadas	5,40	100,00	24,03
Treinamento e Capacitação de Colaboradores	0,00	2,00	0,75
Vendas Perdidas	0,00	0,03	0,00
Volume Produtos Vendidos	5000,00	200000,00	39576,25

Fonte: Dados da pesquisa / SDEA® (2019)

## APÊNDICE D – LAMBDA ( $\lambda$ ) GERADOS

Os percentuais de representatividade ( $\lambda$ ) entre as DMU, calculados pelo *software* SDEA® é apresentado pela Figura 18.

Figura 18 - Lambdas ( $\lambda$ ) gerados pelo SDEA®



DMU	A	D	E	J	N
A	1	0	0	0	0
B	0,2	0	0	0,09	0
C	0,3	0	0	0,2	0
D	0	1	0	0	0
E	0	0	1	0	0
F	0,03	0	0,38	0	0,08
G	0,17	0	0,01	0,08	0
H	0,27	0	0	0,02	0,05
I	0,3	0	0	0,1	0,03
J	0	0	0	1	0
K	0,31	0	0	0,07	0
L	0,16	0	0	0,58	0
M	0,47	0	0	0,05	0
N	0	0	0	0	1
O	0,08	0	0,1	0,16	0
P	0,01	0	0	0,9	0

Fonte: Dados da pesquisa / SDEA® (2019)

## ANEXO A – DADOS DE TERRITÓRIO DO ARARIPE - PE

Na Tabela 6 são apresentados os dados referentes a área territorial (em km<sup>2</sup>), assim como a evolução da população (de 1991 a 2018) e a densidade demográfica (pop./km<sup>2</sup>) da região do Araripe-PE, fornecidos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e pelo Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste (ETENE) atrelado ao Banco do Nordeste (BNB).

Tabela 6 - Dados de Área territorial e população da Região do Araripe – PE

Unidade Geográfica	Área Territorial Km <sup>2</sup>	População (nº de pessoas)			Densidade Demográfica (pop./km <sup>2</sup> )		
		2000	2010	2018	2000	2010	2018
Brasil	8.515.759	169.798.885	190.755.799	208.452.194	19,9	22,4	24,5
Nordeste	1.554.291	47.741.426	53.081.950	56.718.074	30,7	34,2	36,5
Pernambuco	98.076	7.918.344	8.796.448	9.496.294	80,7	89,7	96,8
Araripina	2.037	70.898	77.302	83.964	34,8	37,9	41,2
Bodocó	1.617	31.731	35.158	37.909	19,6	21,7	23,5
Exu	1.337	32.423	31.636	31.885	24,2	23,7	23,8
Granito	522	6.110	6.855	7.435	11,7	13,1	14,2
Ipubi	694	23.042	28.120	30.512	33,2	40,5	44,0
Moreilândia	403	11.116	11.132	11.270	27,6	27,6	27,9
Ouricuri	2.379	56.733	64.358	68.939	23,8	27,0	29,0
Santa Cruz	1.256	11.264	13.594	15.236	9,0	10,8	12,1
Santa Filomena	1.005	12.115	13.371	14.390	12,1	13,3	14,3
Trindade	296	21.930	26.116	30.222	74,1	88,3	102,2
<b>Total do Território</b>	<b>11.547</b>	<b>277.362</b>	<b>307.642</b>	<b>331.762</b>	<b>24,0</b>	<b>26,6</b>	<b>28,7</b>

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2018);  
Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste (ETENE) (2019).

Na Tabela 7, são apresentados dados relacionados a variação da população ao longo dos anos, na região do Araripe-PE, considerando o intervalo de 1991 a 2018, segundo informação do IBGE e ETENE.

Tabela 7 - Taxas médias anuais de variação da população e densidade demográfica (% a.a.)

Unidade Geográfica	Pop. do Município / Total do Estado (%)			Variação média anual (% a.a.)			
				População		Densidade demográfica	
	2000	2010	2018	2010/2000	2018/2010	2010/2000	2018/2010
Pernambuco	100,0	100,0	100,0	1,1	1,0	1,1	1,5
Araripina	0,9	0,9	0,9	0,9	1,0	0,9	1,7
Bodocó	0,4	0,4	0,4	1,0	0,9	1,0	1,5
Exu	0,4	0,4	0,3	-0,2	0,1	-0,2	0,2

Granito	0,1	0,1	0,1	1,2	1,0	1,2	1,6
Ipubi	0,3	0,3	0,3	2,0	1,0	2,0	1,6
Moreilândia	0,1	0,1	0,1	0,0	0,2	0,0	0,2
Ouricuri	0,7	0,7	0,7	1,3	0,9	1,3	1,4
Santa Cruz	0,1	0,2	0,2	1,9	1,4	1,9	2,3
Santa Filomena	0,2	0,2	0,2	1,0	0,9	1,0	1,5
Trindade	0,3	0,3	0,3	1,8	1,8	1,8	3,0
<b>Total do Território</b>	<b>3,5</b>	<b>3,5</b>	<b>3,5</b>	<b>1,0</b>	<b>0,9</b>	<b>1,0</b>	<b>1,5</b>

*Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2018  
Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste (ETENE), 2019.*

## ANEXO B – INDICADORES SOCIAIS DO ARARIPE - PE

Alguns indicadores sociais refletem as demandas da comunidade local, como os apresentados na Tabela 8, que apresenta a defasagem na formação e oferta de ensino para a população acima de 18 anos.

*Tabela 8 - População acima de 18 anos com ensino médio completo e acima de 25 anos com superior completo (%)*

Unidade Geográfica	População acima de 18 anos com ensino médio completo			População acima de 25 anos com ensino superior completo		
	(%)		Variação média anual (%)	(%)		Variação média anual (%)
	2000	2010	2010/ 2000	2000	2010	2010/ 2000
Brasil	24,7	37,9	4,4	6,8	11,3	5,2
Pernambuco	20,4	32,1	4,6	5,5	8,0	3,8
Araripina	9,7	19,3	7,1	4,3	6,1	3,5
Bodocó	7,9	18,4	8,9	2,1	3,4	5,2
Exu	9,2	19,1	7,6	1,4	3,3	8,7
Granito	6,1	18,9	12,0	0,9	2,5	10,3
Ipubi	8,0	15,5	6,8	1,4	2,4	5,7
Moreilândia	10,5	21,5	7,4	2,7	5,0	6,3
Ouricuri	8,9	17,1	6,7	2,2	3,6	5,0
Santa Cruz	3,1	14,8	16,9	0,1	2,5	37,8
Santa Filomena	1,7	13,8	23,7	0,1	2,9	36,3
Trindade	10,6	18,1	5,5	2,2	5,0	8,3

*Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2018  
Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste (ETENE), 2019.*

## ANEXO C – PRODUÇÃO BRUTA DE MINÉRIO EM PERNAMBUCO

De acordo com o Anuário Mineral Estadual (ano base 2017) publicado pela Agência Nacional de Mineração (ANM) e pelo Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), a Gipsita tem destaque em volume obtido no Estado de Pernambuco, classificado de acordo com o ROM (*Run of Mine*). Nesse caso, os dados representam o minério bruto, obtido diretamente da mina, sem passar por qualquer tipo de beneficiamento, conforme mostra Tabela 9.

*Tabela 9 - Produção bruta de minério em PE – 2017*

Classe / Substância	Quantidade (ROM)
Não-Metálicos	
<b>Areia</b>	
Areia	642.579 t
<b>Areias industriais</b>	
Areia industrial	253.266 t
<b>Argilas</b>	
Argilas comuns	306.522 t
Argilas refratárias	200.140 t
Tufo Vulcânico	2.198 t
<b>Calcário</b>	
Calcário	103.273 t
<b>Dolomito e Magnesita</b>	
Dolomito	134 t
<b>Gipsita</b>	
Gipsita	1.684.373 t
<b>Rochas (britadas) e Cascalho</b>	
Brita e Cascalho	3.919.816 t
<b>Rochas ornamentais</b>	
Ornamental (Granito, Gnaisse e afins)	72.060 t
<b>Saibro</b>	
Saibro	59.174 t
<b>Vermiculatura e Perlita</b>	
Vermiculatura e Perlita	1.345 t

*Fonte: Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) Agência Nacional de Mineração (ANM), 2018.*

## ANEXO D – PRODUÇÃO MINERAL COMERCIALIZADA NO ESTADO DE PERNAMBUCO

Segundo o relatório divulgado pelo Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM, 2018) acerca da quantidade e valor da produção vendida, consumida ou transferida para industrialização, a Gipsita obtém destaque quando comparada com as demais classes/substâncias minerais produzidas no Estado de Pernambuco. Os dados são resumidos na Tabela 10.

*Tabela 10 - Quantidade e valor da produção mineral em PE*

Classe / Substância	Bruta		Beneficiada		Valor Total (R\$)
	Quantidade (t)	Valor (R\$)	Quantidade (t)	Valor (R\$)	
<b>Pernambuco</b>		<b>56.350.603</b>		<b>321.165.909</b>	<b>377.516.512</b>
<b>Não-Metálicos</b>		<b>56.350.603</b>		<b>321.165.909</b>	<b>377.516.512</b>
<b>Água Mineral</b>			<b>1.117.282</b>	<b>108.062.637</b>	<b>108.062.637</b>
Água Mineral			1.117.282	108.062.637	108.062.637
<b>Areia</b>	<b>631.654</b>	<b>4.711.355</b>			<b>4.711.355</b>
Areia	631.654	4.711.355			4.711.355
<b>Areias industriais</b>	<b>171.113</b>	<b>7.147.269</b>	<b>70.379</b>	<b>2.380.014</b>	<b>9.527.283</b>
Areia industrial	171.113	7.147.269	70.379	2.380.014	9.527.283
<b>Argilas</b>	<b>453.782</b>	<b>8.819.815</b>	<b>71.751</b>	<b>2.226.657</b>	<b>11.046.472</b>
Argilas comuns	251.444	1.829.036	69.553	2.185.049	4.014.085
Argilas refratárias	200.140	6.949.171			6.949.171
Tufo Vulcânico	2.198	41.608	2.198	41.608	83.216
<b>Calcário</b>	<b>55.434</b>	<b>1.058.653</b>	<b>54.953</b>	<b>1.081.221</b>	<b>2.139.874</b>
Calcário	55.434	1.058.653	54.953	1.081.221	2.139.874
<b>Dolomito e Magnesita</b>	<b>134</b>	<b>20.526</b>	<b>134</b>	<b>20.526</b>	<b>41.052</b>
Dolomito	134	20.526	134	20.526	41.052
<b>Gipsita</b>	<b>990.355</b>	<b>19.884.104</b>	<b>699.103</b>	<b>112.685.703</b>	<b>132.569.807</b>
Gipsita	990.355	19.884.104	699.103	112.685.703	132.569.807
<b>Rochas (britadas) e Cascalho</b>	<b>28.491</b>	<b>1.129.450</b>	<b>4.236.688</b>	<b>92.709.495</b>	<b>93.838.945</b>
Brita e Cascalho	28.491	1.129.450	4.236.688	92.709.495	93.838.945
<b>Rochas ornamentais</b>	<b>17.007</b>	<b>13.224.279</b>			<b>13.224.279</b>
Ornamental (Granito, Gnaiss e afins)	17.007	13.224.279			13.224.279
<b>Saibro</b>	<b>58.724</b>	<b>355.152</b>			<b>355.152</b>
Saibro	58.724	355.152			355.152
<b>Vermicultura e Perlita</b>			<b>1.531</b>	<b>1.999.655</b>	<b>1.999.655</b>
Vermicultura e Perlita			1.531	1.999.655	1.999.655

*Fonte: Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), 2018.*

## ANEXO E – INSUMOS ENERGÉTICOS DA REGIÃO DO ARARIPE – PE

Com base em dados do Instituto Nacional de Tecnologia (INT), Ministério de Minas e Energia e do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTI), publicados no Anuário Estatístico do Setor de Transformação de Não Metálicos de 2017, pode-se observar a grande quantidade de lenha consumida pelas empresas do APL, acarretando ainda em um alto nível de poluição ambiental, conforme Tabela 11.

*Tabela 11 - Consumo Anual de Insumos Energéticos*

Insumo Energético Empregado	Produção de gesso (10 <sup>3</sup> t)	Consumo Específico de Energia	Consumo de Energia	Consumo Energia equivalente (tep)	Part. (%)	Custo (mil R\$)	Emissões (tCO <sub>2</sub> )
Lenha	4.275	0,6 st/t	2.565.000 st	198.788	94,3	89.775,00	158.882
Coque (Petróleo)	180	40 kg/t	6.744 t	5.888	2,79	5.734,40	23.104
Óleo combustível	22,5	35 kg/t	738 t	708	0,34	715,90	2.272
GLP / GN	22,5	17 kg/t	359 t	397	0,19	746,70	1.039
Energia Elétrica	4.500	13 kWh/t	58.500 MWh	5.031	2,38	14.040,00	
<b>Total</b>				<b>210.812</b>	<b>100</b>	<b>111.012,00</b>	<b>185.297</b>

*Fonte: Instituto Nacional de Tecnologia (INT) / Ministério de Minas e Energia (MME), Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTI), 2017.*