

AVALIAÇÃO DE EFICIÊNCIA DOS ESCRITÓRIOS DA REGIONAL OESTE DA COMPANHIA DE ÁGUAS E ESGOTOS DO RIO GRANDE DO NORTE (CAERN).

Everton Tales de Sousa Silveira, Cristiane de Mesquita Tabosa, Thiago Costa Carvalho

Resumo: O presente artigo realiza uma avaliação de eficiência técnica, utilizando a metodologia de Análise Envoltória de Dados (DEA), nas cidades da Regional Oeste da Companhia de Água e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN). A avaliação tem por objetivo revelar o desempenho das unidades, classificá-las entre eficientes e ineficientes, expor graficamente a simplificação da fronteira de eficiência, apresentar os *benchmarks* ou referências e mostrar os pesos dos *inputs* e *outputs* para cada Unidade de Tomada de Decisão (DMU). Para isso, foi feita a seleção das variáveis ou *input* e *output*, no site do Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento (SNIS), onde escolheu-se mão de obra, quantidade de água produzida, extensão da rede de água, volume de água produzido e quantidade de economias ativas de água. Os resultados indicam que das unidades avaliadas, sete mostraram-se eficientes, restando as demais cidades ineficientes, observar uma melhor alocação dos recursos.

Palavras-chave: Eficiência. DEA. *Benchmark*.

1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural essencial para os seres vivos e importante no desenvolvimento de diversas atividades econômicas, sendo o insumo básico ou principal fator de produção para toda e qualquer atividade. Uma das dimensões da sustentabilidade é o uso eficiente da água, as empresas que utilizam esse recurso de forma eficiente, adquirem um diferencial competitivo, reduzindo custos, desperdícios e os impactos ambientais. A preservação dos recursos hídricos envolve uma série de fatores políticos e sociais, são recursos que devem estar disponíveis em qualidade e quantidade compatíveis com os usos e atividades econômicas da população. Nesse sentido, de forma equilibrada, o consumo sustentável permite que as gerações futuras não sejam comprometidas [1].

É nesse contexto que a Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN), criada em 1969, está inserida e cabe a mesma, as responsabilidades do fornecimento de água e coleta de esgoto, das regiões de Natal, Regionais Agreste, Oeste, Mato Grande, Sertão Central, Seridó e Alto Oeste.

Os estudos sobre análise de eficiência são importantes para as empresas analisarem e aprimorarem o processo de produção, tornando-se mais produtivas. Esses estudos auxiliam as organizações na escolha de uma conduta ótima [2]. As avaliações de eficiência são importantes para as organizações alcançarem os melhores resultados no mercado, uma vez que isso permite as empresas medir o desempenho e grau de satisfação. A avaliação da eficiência produtiva pode ser orientada para o crescimento da produção, que visa ao aumento dos níveis de produção mantidas as quantidades de recursos; ou orientada para a economia de recursos, que busca a redução dos recursos utilizados mantendo-se os níveis de produção; ou orientada para alguma combinação desses dois objetivos. Em todos os casos, o objetivo é obter ganhos de produtividade através da eliminação das fontes de ineficiência [3].

Os modelos DEA (*Data Envelopment Analysis*), em outras palavras, Análise Envoltória de Dados, realizam um agrupamento de *inputs* e *outputs* convertendo, nessa ordem, em *inputs* e *outputs* virtuais, decorrente de uma combinação linear proveniente dos *inputs* e *outputs* de origem. Os pesos usados, são estimados por um problema de programação linear, de maneira que cada Unidade de Tomada de Decisão (DMU) seja favorecida com a melhor combinação de pesos, potencializando assim, a eficiência (Soares de Mello et al, 2002) [4].

Com exceção de Mossoró, todas unidades da Regional Oeste da CAERN não possuem sistema de esgotamento sanitário implantado, devido a isso, todas as variáveis escolhidas são sobre a oferta de água. O presente estudo buscou realizar uma avaliação técnica nos escritórios da Regional Oeste da CAERN, identificando as unidades eficientes e em seguida compará-las e torná-las referência para as unidades não eficientes. Com a finalidade de viabilizar o objetivo geral deste trabalho, foram definidos os seguintes objetivos específicos: obter os resultados para o modelo de retornos variáveis, analisar os pesos das variáveis sobre um indicador de eficiência e identificar os *benchmarks* do modelo.

2. MATERIAL E MÉTODO

A pesquisa é de natureza exploratória e descritiva, tendo como principais fontes utilizadas, artigos, livros e materiais da internet, onde são apresentadas análises qualitativas e quantitativas, sendo considerado um estudo de

caso. Na determinação do grau de eficiência dos escritórios da (CAERN) será utilizado o método DEA (*Data Envelopmet Analysis*) – Análise Envoltória de Dados, onde a estimação da fronteira de eficiência é obtida por meios de técnicas de programação linear. Neste modelo os escritórios são considerados como unidades de tomadoras de decisão, as chamadas DMU's (*Decision Making Units*), as quais são avaliadas por sua eficiência relativa. Assim as DMU's eficientes fazem parte da fronteira e as demais tem o grau de eficiência medido em relação à fronteira [2]. Após a seleção das unidades, foi feita a escolha das variáveis, insumos e produtos ou *inputs* e *outputs* semelhantes e de maior relevância para as unidades. Com auxílio do software (SIAD¹), foi utilizado nesta pesquisa o modelo BCC, de retornos variáveis de escala para construção da fronteira de eficiência.

2.1 Análise envoltória de dados

É perceptível que a técnica de análise envoltória de dados, mostra-se como uma ferramenta de mensuração de eficiência para empresas ou indústrias, sejam elas do segmento público ou privado. Essa técnica permite avaliar inúmeras variáveis, entre insumos e produtos importantes da empresa avaliada.

O marco inicial dos estudos sobre DEA pode ser encontrado em Farrell que propôs um modelo empírico para eficiência relativa em oposição ao modelo de produção funcional teórico para eficiência. Ele sugeriu que era melhor determinar uma medida de eficiência de uma organização comparando-a com o melhor nível de eficiência até então observado, desconsiderando a comparação com algum “ideal inatingível”. Foi com base na avaliação da eficiência proposta por Farrell, que considerou um único insumo e um único produto, que Charnes, Cooper e Rhodes (1978) iniciaram o estudo da abordagem não paramétrica para análise de eficiência com múltiplos insumos (*inputs*) e múltiplos produtos (*outputs*) denominada de *Data Envelopment Analysis* (DEA) [5].

DEA é uma técnica para o estudo de fronteiras de produção que permite construir fronteiras empíricas para observação de um conjunto de DMU, avaliar o desempenho individuais dessas e determinar as unidades de referência os *benchmarks*. Essa técnica é baseada não no desempenho de uma firma teórica, mas em firmas reais, através da observação das melhores técnicas de produção, servindo de comparação para tomada de decisões. O objetivo do DEA consiste em comparar um determinado número de DMUs (Unidades de Tomada de Decisão) que realizam atividades produtivas semelhantes e se diferenciam nas quantidades de insumos que utilizam e de produtos que geram. Há dois modelos DEA clássicos: o modelo CRS, também conhecido por CCR (Charnes, Cooper e Rhodes, 1978), que considera retornos de escala constantes, e o modelo VRS, ou BCC (Banker, Charnes e Cooper, 1984), que considera retornos variáveis de escala e não assume proporcionalidade entre inputs e outputs [6].

Cada DMU é uma unidade de produção que utiliza insumos para produzir produtos. O modelo CCR, maximiza o quociente entre a combinação linear dos produtos e a combinação linear dos insumos, com a restrição de que, para qualquer DMU, esse quociente não pode ser maior que 1. Já o modelo BCC, devido a Banker considera retornos variáveis de escala, isto é, substitui a hipótese da proporcionalidade entre inputs e outputs pelo axioma da convexidade. Neste caso a fronteira de produção será convexa, permitindo que as DMUs que atuam com baixos valores de inputs tenham retornos crescentes de escala e as que operam com altos valores tenham retornos decrescentes de escala [6]. A metodologia DEA é realizada em três etapas:

I). Seleção das DMU's

A seleção deverá conter DMU's que apresentem semelhança, em outras palavras, com os mesmos insumos e produtos, mas que tenham intensidades diferentes, isso é, que essas diferenças não cheguem a uma condição de exagero. É ideal que as unidades também tenham os mesmos objetivos, realizem os mesmos serviços nas mesmas condições de trabalho.

II). Estabelecer as variáveis (*Input* e *Output*)

A seleção das variáveis deverá ser feita a partir de uma lista dos *inputs* e *outputs* mais significativos, que será moldada de acordo com a realidade de cada estudo.

III) Aplicação do modelo

Tratando-se de DEA, os modelos mais conhecidos são o CCR e o BCC. Essa é a etapa de definição do modelo de otimização. Diante disso, será definido:

- O conceito de retorno de escala (CCR- constante ou BCC-variável)
- O método de abordagem, se será orientada a insumos ou produtos (*input* ou *output*)

¹ ANGULO MEZA, Lidia, BIONDI NETO, Luiz, RIBEIRO, Paulo Guilherme, f SIAD v.2.0. Sistema Integrado de Apoio à Decisão: Uma Implementação computacional de modelo de Análise Envoltória de Dados e um método Multicritério. Anais do XXXVII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Gramado, 2005.

Como já foi dito, o modelo utilizado nesta pesquisa será o BCC criado por Banker, Charnes e Cooper em 1984, utilizado quando os retornos de escala são variáveis, sejam eles constantes, crescentes ou decrescentes. No modelo BCC, dependendo da orientação, há diferenças na quantidade de unidades eficientes, nesse caso foi orientado *output*. Com a utilização desse modelo é possível saber quais as unidades são eficientes, obtendo assim, a fronteira de eficiência das unidades que atingiram o máximo de produtividade. A seguir temos a formulação do modelo [3].

$$\text{Maximize} \quad h_o = \sum_{r=1}^s u_r Y_{ro} + w \quad (1)$$

$$\text{Sujeito a:} \quad \sum_{i=1}^m v_i X_{io} \leq 1 \quad (2)$$

$$\sum_{r=1}^s u_r Y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i X_{io} + w \leq 0 \quad \text{para todo } j = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

$$-u_r \leq -e, r = 1, 2, \dots, s \quad (4)$$

$$-v_i \leq -e, i = 1, 2, \dots, m \quad (5)$$

Onde:

h_o = eficiência da DMU O (zero)

r = quantidade total de *inputs*

s = quantidade total de *outputs*

n = quantidade total de DMU

Y_{jk} = quantidade de *output* j para a DMU k

X_{ik} = quantidade de *input* i para DMU k

u_j = peso referente ao *input* j

v_i = peso referente ao *input* i

2.2 Seleção das variáveis

Dentre a variedade de dados da companhia presente no Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento (SNIS), foram escolhidas variáveis incomuns, semelhantes a todas as unidades. O modelo adotado foi adaptado de Cinthya Melo do Carmo (2003) que considerou uma abrangência nacional de avaliação da eficiência técnica das empresas de saneamento brasileiras utilizando a metodologia DEA. Segue abaixo os insumos e produtos.

Quadro 1. – Descrição das variáveis do modelo (Fonte: SNIS)

Variável		Descrição
INPUT	Mão de obra	Foi considerado a número de colaboradores, a quantidade equivalente de pessoal total segundo dados do Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento (SNIS).
	Volume de água produzido	Volume anual de água disponível para consumo, compreendendo a água captada pelo prestador de serviços e a água bruta importada (AG016), ambas tratadas na(s) unidade(s) de tratamento do prestador de serviços, medido ou estimado na(s) saída(s) da(s) ETA(s) ou UTS(s). Inclui também os volumes de água captada pelo prestador de serviços ou de água bruta importada (AG016), que sejam disponibilizados para consumo sem tratamento, medidos na(s) respectiva(s) entrada(s) do sistema de distribuição [6]. Unidade: 1.000 m ³ /ano

	Extensão da rede de água	Comprimento total da malha de distribuição de água, incluindo adutoras, subadutoras e redes distribuidoras e excluindo ramais prediais, operada pelo prestador de serviços, no último dia do ano de referência [6]. Unidade: km.
OUTPUT	Volume de água faturado	Volume anual de água debitado ao total de economias (medidas e não medidas), para fins de faturamento. Inclui o volume de água tratada exportado (AG019) para outro prestador de serviços [6]. Unidade: 1.000 m ³ /ano.
	Quantidade de economias ativas de água	Quantidade de ligações ativas de água à rede pública, providas ou não de hidrômetro, que estavam em pleno funcionamento no último dia do ano de referência [6].

Onde:

AG016: Volume de água bruta importado - Volume anual de água bruta recebido de outros agentes fornecedores para tratamento ou distribuição direta.

AG019: Volume de água tratada exportado - Volume anual de água potável, previamente tratada em ETA(s) ou em UTS(s), transferido para outros agentes distribuidores.

Na elaboração do trabalho, optei pela escolha dos dados mais atuais disponibilizados pelo site do SNIS e por esse motivo foram escolhidos os dados referentes ao ano de 2019², conforme a sequência mostrada na figura abaixo.

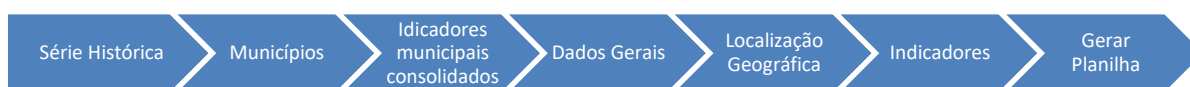


Figura 1. Fluxograma da obtenção dos dados no SNIS. (Fonte: SNIS)

2.3 Área de estudo

A Regional Oeste da Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN) é composta pelos seguintes municípios: Apodi, Areia Branca, Baraúna, Campo Grande, Caraúbas, Felipe Guerra, Governador de Dix-Sept Rosado, Grossos, Janduí, Messias Targino, Mossoró, Patu, Serra do Mel, Tibau, Triunfo Potiguar e Upanema. Com exceção do município de Serra do Mel, todas as demais cidades foram mantidas na pesquisa.

Na sequência, no quadro 2, a cidade de Serra do Mel mostra-se como uma unidade eficiente e como referência para outras unidades, porém, isso não condiz com a realidade atual e nem a realidade do ano a que se refere a pesquisa. A unidade apresenta-se com as seguintes dificuldades: as cobranças das economias ativas de água existentes estavam suspensas no período referente a realização da pesquisa, estendendo-se até os dias atuais, devido ao abastecimento irregular nessa região, existe apenas um colaborador lotado nesta unidade, a manutenção integral do sistema é feita por colaboradores da cidade de Mossoró, a companhia não consegue distribuir água regularmente para todas comunidades, para isso seria necessário altos investimentos em extensão de rede de água, sem falar que no geral, a cidade possui uma população pequena, distribuídas em vilas distantes umas das outras, ou seja, os retornos financeiro também são baixos. É importante salientar que maior parte do abastecimento da referida cidade é feito através de carro pipa. Por esses motivos relatados anteriormente, esse município não fará parte do estudo. Deste modo, as quinze cidades selecionadas compõem uma boa área de estudo, na qual apresentam características semelhantes dentre as variáveis escolhidas.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Seguindo o método DEA, foi feita a análise do modelo BCC com orientação a output. A orientação do modelo se deu devido a empresa apresentar limitação nos insumos, sendo preferível na ocasião, deixar esses constantes e tentar aumentar a produção. Verificou-se no período referente ao ano de 2019, conforme mostre a figura abaixo, a seguinte classificação de eficiência.

Pode-se observar que as cidades como Areia Branca, Baraúna, Campo Grande, Janduí, Messias Targino, Mossoró, Serra do Mel e Triunfo Potiguar mostraram-se eficientes. Com a exclusão da unidade de serra do Mel, temos sete unidades eficientes, referente a um total de quinze unidades. É importante destacar que a eficiência obtida pelo modelo CCR, será sempre igual ou menor do que o modelo BCC, visto que, isso se deve ao fato do modelo BCC ser menos restritivo, mais benevolente, apresentando retornos constantes, crescente e decrescente de escala, sendo esse, o motivo pela escolha do modelo.

² Dados disponíveis em: <http://app4.mdr.gov.br/serieHistorica/>

Quadro 2. Classificação do modelo BCC orientado a *output* – Ano 2019. (Autoria própria)

BCC		
Municípios	Padrão	Eficiência
Apodi	0,92	Ineficiente
Areia Branca	1,00	Eficiente
Baraúna	1,00	Eficiente
Campo Grande	1,00	Eficiente
Caraúbas	0,68	Ineficiente
Felipe Guerra	0,71	Ineficiente
Governador Dix-Sept Rosado	0,78	Ineficiente
Grossos	0,67	Ineficiente
Janduís	1,00	Eficiente
Messias Targino	1,00	Eficiente
Mossoró	1,00	Eficiente
Patu	0,72	Ineficiente
Serra do Mel	1,00	Eficiente
Tibau	0,68	Ineficiente
Triunfo Potiguar	1,00	Eficiente
Upanema	0,93	Ineficiente

A seguir, no gráfico 1, temos a simplificação gráfica da fronteira de eficiência no modelo BCC orientado a *output*. Representando a fronteira de eficiência temos os *benchmarks*, as unidades de Areia Branca, Baraúna, Campo Grande, Janduís, Messias Targino, Mossoró e Triunfo Potiguar. As demais unidades situadas abaixo da fronteira são ineficientes, com destaque para Caraúbas, Felipe Guerra, Grossos, Patu e Tibau sendo as unidades mais distantes da fronteira.

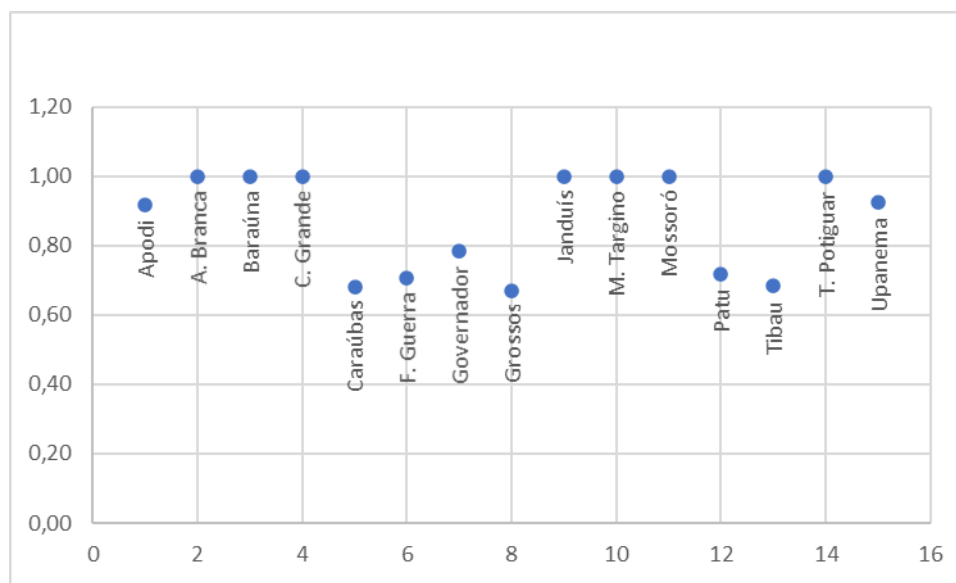


Gráfico 1. Simplificação da fronteira de eficiência do modelo BCC orientado a *output*. (Autoria própria)

3.1 Unidades Referências

No quadro 3, temos a representação das unidades referências, ou seja, os *benchmarks*. Em ambas as tabelas, temos a primeira coluna representando todas as unidades e a segunda linha representada com as unidades referências, eficientes. Verifica-se que a cidade de Apodi (DMU1) tem como referências, as cidades de Areia Branca (DMU2) e Triunfo Potiguar (DMU14), em números, essas semelhanças equivalem a 0,998 e 0,001 respectivamente. As cidades de Areia Branca (DMU2), Baraúna (DMU3), Campo Grande (DMU4), Janduís (DMU9), Messias Targino (DMU10), Mossoró (DMU11) e Triunfo Potiguar (DMU14), são suas próprias

referências. Governador Dix-Sept Rosado (DMU7), tem como referência, as cidades de Areia Branca (DMU2), Baraúna (DMU3) e Janduís (DMU9), com semelhanças equivalentes a 0,088, 0,076 e 0,835 respectivamente.

Quadro 3. Grupo de unidades referências para as unidades avaliadas como ineficientes. (Autoria própria)

Referências (Benchmarks)							
DMU	DMU2	DMU3	DMU4	DMU9	DMU10	DMU11	DMU14
DMU1	DMU2	-	-	-	-	-	DMU14
DMU2	DMU2	-	-	-	-	-	-
DMU3	-	DMU3	-	-	-	-	-
DMU4	-	-	DMU4	-	-	-	-
DMU5	DMU2	-	-	-	-	-	DMU14
DMU6	-	-	-	DMU9	-	-	-
DMU7	DMU2	DMU3	-	DMU9	-	-	-
DMU8	DMU2	-	-	DMU9	-	-	-
DMU9	-	-	-	DMU9	-	-	-
DMU10	-	-	-	-	DMU10	-	-
DMU11	-	-	-	-	-	DMU11	-
DMU12	DMU2	-	-	-	-	-	DMU14
DMU13	DMU2	-	-	DMU9	-	-	-
DMU14	-	-	-	-	-	-	DMU14
DMU15	DMU2	-	DMU4	DMU9	-	-	DMU14

Referências (%)							
DMU	DMU2	DMU3	DMU4	DMU9	DMU10	DMU11	DMU14
DMU1	0,998	0	0	0	0	0	0,001
DMU2	1	0	0	0	0	0	0
DMU3	0	1	0	0	0	0	0
DMU4	0	0	1	0	0	0	0
DMU5	0,864	0	0	0	0	0	0,135
DMU6	0	0	0	1	0	0	0
DMU7	0,088	0,076	0	0,835	0	0	0
DMU8	0,285	0	0	0,714	0	0	0
DMU9	0	0	0	1	0	0	0
DMU10	0	0	0	0	1	0	0
DMU11	0	0	0	0	0	1	0
DMU12	0,194	0	0	0	0	0	0,806
DMU13	0,142	0	0	0,857	0	0	0
DMU14	0	0	0	0	0	0	1
DMU15	0,269	0	0,057	0,673	0	0	0,0004

No quadro 4, temos os *benchmarks*, as unidades mais seguidas, que mais serviram de referências, onde observa-se a Areia Branca (DMU2) e Janduís (DMU9), liderando o grupo, sendo a primeira referência para 8 unidades e a segunda referência para 6 unidades.

Quadro 4. Lista de DMU's mais seguidas. (Autoria própria)

Cidades	Frequência	
Apodi	DMU1	-
Areia Branca	DMU2	8
Baraúna	DMU3	2
Campo Grande	DMU4	2
Caraúbas	DMU5	-
Felipe Guerra	DMU6	-
Governador Dix-Sept Rosado	DMU7	-
Grossos	DMU8	-
Janduís	DMU9	6
Messias Targino	DMU10	1
Mossoró	DMU11	1
Patu	DMU12	-
Tibau	DMU13	-
Triunfo Potiguar	DMU14	5
Upanema	DMU15	-

No quadro 5, temos os pesos de todas as variáveis. Na primeira coluna, estão as DMU's e na segunda linha do quadro, temos os pesos das variáveis para cada DMU. Os pesos representam a variação de uma unidade de determinada variável, sobre a eficiência. Exemplificando, temos que, para cada unidade que variar no *Input* 1, da DMU4, terei uma variação de 0,024 sobre o indicador de eficiência, visto que, essa variação pode ser para mais ou para menos. Vale salientar que a mão de obra (*Input* 1), destaca-se como a variável de maior influência sobre o peso das DMU's, aparecendo com os maiores retornos.

Quadro 5. Representação dos pesos das variáveis. (Autoria própria)

Pesos das variáveis					
DMU	Peso Input1	Peso Input2	Peso Input3	Peso Output1	Peso Output2
DMU1	0	0	0	0,001	0,001
DMU2	0	0	0	0,001	0,001
DMU3	0	0,000	0,017	0,001	0
DMU4	0,024	0,003	0,005	0,004	0
DMU5	0	0,001	0	0,001	0
DMU6	0,935	0	0	0,006	0
DMU7	0,538	0	0,008	0,004	0
DMU8	0,400	0	0	0,003	0
DMU9	0,877	0	0	0,006	0,001
DMU10	0,137	0,004	0	0,005	0,001
DMU11	0	0	0	0	0,034
DMU12	0	0,003	0	0,004	0
DMU13	0,512	0	0	0,003	0
DMU14	0	0	0,189	0,009	0
DMU15	0,040	0,002	0	0,002	0,000

A seguir, nos quadros 6 e 7, temos a representação da situação atual, das folgas e alvos dos *inputs* e *outputs*. Na primeira coluna de ambos os quadros, estão as DMU's, na segunda linha, temos a representação dos *inputs* e *outputs* e na terceira linha, está a situação atual, folga e alvo de cada variável. O alvo significa o ponto ótimo de cada variável e a folga caracteriza a diferença entre a condição atual e o alvo, isto significa, o quanto preciso melhorar para chegar ao ponto ótimo, seja elevando ou diminuindo o valor de cada variável. Seguindo esse raciocínio, na análise ao *input*, percebe-se que Apodi (DMU1), necessita reduzir o (*Input1*) de 18 para 10, o (*Input2*) de 1746,90 para 1583,37 e o (*Input3*) de 109,49 para 69,26. De forma análoga, a cidade de Caraúbas (DMU5) deverá reduzir o (*Input1*) de 12 para 9,59 e o (*Input3*) de 121,53 para 61,22.

Quadro 6. Representação atual, folga e alvos dos *INPUT*. (Autoria própria)

ATUAL, FOLGA E ALVOS									
DMU	Input1			Input2			Input 3		
	Atual	Folga	Alvo	Atual	Folga	Alvo	Atual	Folga	Alvo
DMU1	18	8,00	10,00	1.746,90	163,527	1.583,37	109,49	40,23	69,26
DMU2	10	0	10,00	1.584,98	0	1.584,98	69,32	0	69,32
DMU3	8	0	8,00	1.435,74	0	1.435,74	50,1	0	50,10
DMU4	5	0	5,00	280,77	0	280,77	26,36	0	26,36
DMU5	12	2,41	9,59	1.380,87	0	1.380,87	121,53	60,31	61,22
DMU6	3	0	3,00	367,41	156,86	210,55	29,6	0,75	28,85
DMU7	4	0	4,00	429,75	4,37	425,38	34,05	0	34,05
DMU8	5	0	5,00	969,08	365,84	603,24	61,5	21,09	40,41
DMU9	3	0	3,00	210,55	0	210,55	28,85	0	28,85
DMU10	3	0	3,00	164,31	0	164,31	16,53	0	16,53
DMU11	274	0	274,00	25.905,43	0	25.905,43	1200,62	0	1200,62
DMU12	9	1,42	7,58	367,87	0	367,87	42,12	21,08	21,04
DMU13	4	0	4,00	1.280,39	873,493	406,90	91,34	56,71	34,63
DMU14	7	0	7,00	74,68	0	74,68	9,41	0	9,41
DMU15	5	0	5,00	584,52	0	584,52	49,04	9,44	39,60

No quadro 7, na análise aos *outputs*, a cidade de Caraúbas terá que aumentar seu (*Output2*) de 5,26 para 132,09, tendo que concentrar os esforços apenas no (*Output2*). Os valores das DMU's 2, 3, 4, 9, 10, 11 e 14 se mantêm em ambos os quadros, pois são os *benchmarks*.

Quadro 7. Representação atual, folgas e alvos dos *OUTPUT*. (Autoria própria)

ATUAL, FOLGA E ALVOS						
Output1				Output2		
DMU	Atual	Folga	Alvo	Atual	Folga	Alvo
DMU1	1.253,95	0	1.285,79	8,032	0	8,236
DMU2	1.287,04	0	1.287,04	7,253	0	7,253
DMU3	954,33	0	954,33	6,172	0	6,172
DMU4	266,04	0	266,04	1,827	0	1,827
DMU5	769,4	0	1.127,91	5,268	124,370	132,093
DMU6	169,19	0	180,17	1,175	0,032	1,283
DMU7	271,05	0	337,04	1,728	0,035	2,183
DMU8	395,56	0	496,42	2,373	0,011	2,989
DMU9	180,17	0	180,17	1,283	0	1,283
DMU10	97,21	0	97,21	697	0	697,000
DMU11	13.757,59	0	13.757,59	86,359	0	86,359
DMU12	242,82	0	338,16	2,068	748,796	751,676
DMU13	308,86	0	338,29	1,897	0,058	2,136
DMU14	109,59	0	109,59	931	0	931,000
DMU15	446,98	0	483,02	3,029	0	3,273

Os gráficos 2 e 3 demonstram respectivamente, as maiores folgas dos *inputs* e *outputs*. Percebe-se que a unidade de Tibau (DMU13), mostra a maior folga de modo geral, presente no volume de água produzido (*input* 2).

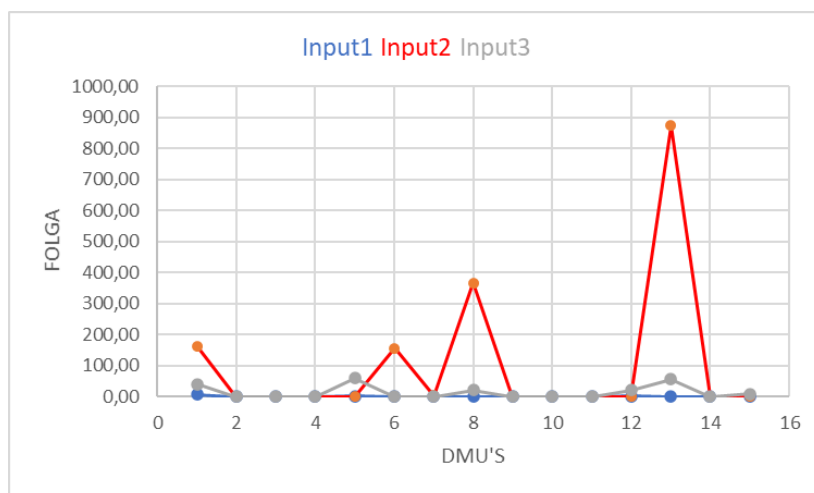


Gráfico 2. Representação gráfica das folgas dos *INPUT*'s. (Autoria própria)

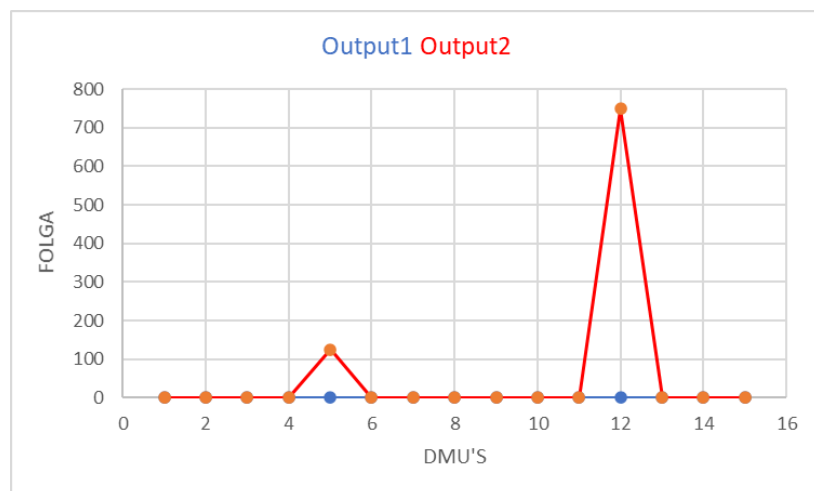


Gráfico 3. Representação gráfica das folgas dos *OUTPUT*'s. (Autoria própria)

Já no gráfico acima, a quantidade de economias ativas de água (*output* 2) da unidade de Patu (DMU12), apresenta a maior folga de um modo geral, seguida da unidade de Caraúbas (DMU5) apresentando a segunda maior folga.

4. CONCLUSÃO

O objetivo da análise foi cumprido, uma vez que, expõe quais as unidades foram eficientes, quanto cada unidade precisa em cada variável para alcançar o ponto ótimo, quem são e qual o grau de relação obtido com os *benchmarks* e por fim, também é possível ver quais as variáveis possuem menos retorno. Como era esperado, na análise dos pesos, a mão de obra se mostrou a variável de maior peso, ou seja, com maior retorno, sendo que as demais variáveis apresentaram retornos insignificantes, isto é, peso quase zero. É importante destacar, que quando comparados o volume de água produzido e a quantidade de água faturada de todas as unidades, percebe-se que as unidades que apresentam as maiores discrepâncias entre essas variáveis, são ineficientes. Essa diferença entre as duas variáveis anteriores é considerada como perdas, seja por vazamentos nas redes de distribuição de água, ligações clandestinas ou falha na micromedição, sendo este último, economias ativas de água que não são medidas pela não instalação do hidrômetro, equipamento utilizado para medir corretamente o consumo de água. Esses problemas se refletem diretamente na arrecadação dessas unidades.

De acordo com o período referente a pesquisa e o momento atual, as unidades como Patu, Caraúbas e Felipe Guerra apresentam dificuldades no abastecimento, isso se confirmou na avaliação. Na avaliação dos pesos, nota-se que algumas variáveis não foram pertinentes, sendo ideal em um trabalho futuro, selecionar um número maior de insumos e produtos e optar pelas variáveis de maior peso, para estruturar melhor o estudo e obter resultados melhores.

Dessa forma, esse estudo é uma opção para que a companhia priorize as unidades que não tiveram uma boa avaliação de desempenho e intervenha com melhorias, excluindo ou reduzindo os problemas anteriormente relatados e consequentemente, realizar estudos mais detalhados sobre o assunto, pois poderão servir de auxílio na tomada decisão dos gestores.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] O CONSUMO consciente da água: um estudo do comportamento do usuário Doméstico. In: FEITAL, João Carlos de Campos et al. O consumo consciente da água: um estudo do comportamento do usuário doméstico. Curitiba/PR, 2008. Disponível em: <http://www.anpad.org.br/admin/pdf/EMA256.pdf>. Acesso em: 5 maio 2021.
- [2] CARMO, Cinthya Melo do. Avaliação da eficiência técnica das empresas de saneamento brasileiras utilizando a metodologia DEA. 2003. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/5836>
- [3] CASADO, Frank Leonardo. Análise envoltória de dados: conceitos, metodologia e estudo da arte na educação superior. [S. l.], 2007. Disponível em: <file:///C:/Users/thami/Downloads/907-3192-1-PB.pdf>. Acesso em: 10 maio 2021.
- [4] PIMENTA, Hugo; MACEDO, Marco; MELLO, João. Decisão da realização de investimentos em tecnologia da informação com análise envoltória de dados. Revista Produção Online, v. 4, n. 2, 2004.
- [5] VILELA, D. L.; NAGANO, M. S. Aplicação da análise envoltória de dados–DEA em cooperativas de crédito rural. 2009.
- [6] CARVALHO, Thiago Costa; FRANÇA, José Mairton Figueiredo; FREITAS, Ieda Maria Araújo Chaves. Análise da eficiência técnica das unidades de educação fundamental no município de Mossoró em 2007. Análise envoltória de dados: conceitos, metodologia e estudo da arte na educação superior, Natal/RN, 2008.
- [7] SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos (ano-base 2019). Brasília: Ministério das Cidades. Disponível em: <http://www.snis.gov.br>. Acesso em: 26 abr. 2021.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA
Centro de Ciências Exatas e Naturais – CCEN

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Às 19hs horas do dia trinta e um de maio de dois mil e vinte e um, reuniu-se virtualmente a Banca Examinadora de defesa de trabalho de conclusão de curso de autoria do aluno **EVERTON TALES DE SOUSA**, aluno do curso de Bacharelado em Ciência e Tecnologia desta universidade, N° de matrícula 2010208149, com o título **"AVALIAÇÃO DE EFICIÊNCIA DOS ESCRITÓRIOS REGIONAIS DA COMPANHIA DE ÁGUAS E ESGOTOS DO RIO GRANDE DO NORTE (CAERN)"**. A Banca Examinadora ficou assim constituída por quatro membros: Prof^a. Dr.^a Cristiane de Mesquita Tabosa, presidente da banca e orientadora do Trabalho de Conclusão de Curso; Prof. Me. Thiago Costa Carvalho (co-orientador) e Prof. Dr. Fabiano da Costa Dantas como membros. Concluída a defesa, procedeu-se o julgamento pelos membros da banca examinadora, tendo o aluno obtido as seguintes notas: 8,0 ; 8,0 ; 8,0 . Apuradas as notas verificou-se que o aluno foi aprovado com média geral 8,0 . E para constar, eu, Cristiane de Mesquita Tabosa, lavrei a presente ata que, após lida e aprovada pelos membros da banca examinadora, será assinada por todos.

Mossoró/RN, 31 / maio / 2021

Assinatura dos membros da Banca Examinadora.

Cristiane de Mesquita Tabosa

Prof^a. Dr.^a Cristiane de Mesquita Tabosa – UFERSA
Presidente e orientadora

THIAGO COSTA
CARVALHO:
04591311414

Assinado digitalmente por
THIAGO COSTA
CARVALHO:04591311414
Data: 2021-05-31 20:37:43

Prof. Me. Thiago Costa Carvalho – UFERSA
Primeiro Membro e co-orientador

Fabiano da Costa Dantas

Prof. Dr. Fabiano da Costa Dantas – UFERSA
Segundo Membro