

ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE MÉTODOS DE PREVISÃO DE DEMANDA - UM ESTUDO APLICADO A INDÚSTRIA DE GÁS NATURAL NO BRASIL

Thiago Costa Carvalho (UFERSA)
thiago.costa@ufersa.edu.br

Kaio Robert Alves Pereira (UNP)
kaiofast@hotmail.com

Miguel Antonio de Oliveira Junior (UNP)
miguel_junior_743@hotmail.com

ALISSON RANIELLI OLIVEIRA DE ANDRADE (UNP)
alissonandrade@msn.com



A dinâmica do mercado atual exige planejamento para que os objetivos das empresas sejam alcançados e com o mercado de gás natural não é diferente. O uso de métodos quantitativos é importante para compreender o comportamento dos dados e a previsão de demanda permite identificar e definir o melhor método a ser utilizado. O objetivo geral deste trabalho foi promover uma análise comparativa entre métodos de previsão e encontrar o que melhor se ajusta aos dados históricos do gás natural. A metodologia consistiu em realizar uma pesquisa bibliográfica e posteriormente o estudo quantitativo dos dados comparado os métodos de regressão linear simples e suavização exponencial dupla. Os resultados mostraram que a regressão linear simples fornece melhor ajuste aos dados históricos. O estudo permitiu concluir que o gestor não deve se limitar em atingir o mínimo de ajuste aceitável, mas sempre procurar o máximo de acordo com suas pretensões, para isso os modelos se ajustam as suas necessidades.

Palavras-chave: Previsão de Demanda, Regressão linear simples, Suavização exponencial dupla

1 Introdução

Toda atividade econômica deve buscar analisar e prever a demanda por determinado produto, por meio de dados passados e atuais, e assim antever o futuro. Segundo Slack et al (2009) a falta da previsão ocasiona o impedimento do planejamento eficaz, ou seja, o impedimento da pró-atividade, proporcionando apenas a reação ao que acontecerá. Tal ação ajuda a minimizar os erros e imprevistos que possam ocorrer devido à falta de planejamento.

A previsão de demanda fornece várias técnicas que serão escolhidas de acordo com o padrão de comportamento dos dados. A utilização de métodos quantitativos é fundamental para o entendimento do comportamento dos mercados, sendo a previsão de demanda o que permite compreender o padrão comportamental dos mesmos através de dados de métodos que melhor se adéquem.

O objetivo geral do trabalho é promover uma análise comparativa entre modelos de previsão de demanda para encontrar o que mais se ajusta ao mercado de gás natural. Os objetivos específicos são: apresentar o mercado de gás natural; analisar os dados disponíveis promovendo uma comparação entre modelos de previsão; e determinar o melhor método de previsão de demanda entre os analisados neste trabalho.

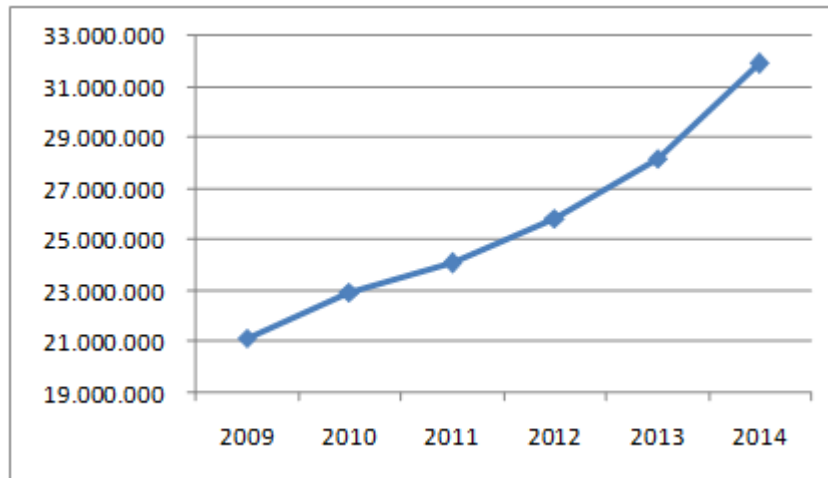
A elaboração do trabalho constitui-se de uma pesquisa bibliográfica com intenção de sustentar escolha da abordagem de previsão levando em conta a possibilidade de obtenção ou não dos dados históricos e suas causas; a aplicação de dois métodos de previsão para o mesmo conjunto de dados; em seguida a comparação e definição do que melhor se ajusta e por fim as conclusões do trabalho.

2 O Mercado de Gás Natural

Usado em diversos segmentos o gás natural pode ser destinado para uso industrial e petroquímica, automotivo, residencial, comercial e na geração elétrica, onde compete com outros combustíveis nos diferentes segmentos, possuindo maior demanda nos de geração de energia e industrial.

De acordo com os dados da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), no período de 2009 a 2014, houve significativo crescimento na produção de gás natural no Brasil, conforme pode ser observado na figura 1.

Figura 1 - Produção nacional de gás natural - 2009-2014 (10³ m³).



Fonte: ANP, 2015.

Os números são estimulantes, no período analisado, a produção foi elevada em aproximadamente 80%, sendo possível verificar o crescimento acentuado nos últimos 5 anos, com média de 8,6% por ano. Para 2015 os números são melhores, a figura 2 mostra um comparativo entre primeiro semestre deste ano com o mesmo período do ano anterior, 2014.

Figura 2 - Comparativo entre primeiro semestre de 2014 e 2015 (10³ m³).

1º SEMESTRE	2014	2015	TAXA DE CRE SC.
JANEIRO	2.491.026	2.993.305	20,16%
FEVEREIRO	2.330.953	2.669.995	14,55%
MARÇO	2.585.681	2.964.306	14,64%
ABRIL	2.485.701	2.830.274	13,86%
MAIO	2.620.634	2.887.097	10,17%
JUNHO	2.596.957	2.865.478	10,34%
TOTAL	15.110.951	17.210.455	13,95%

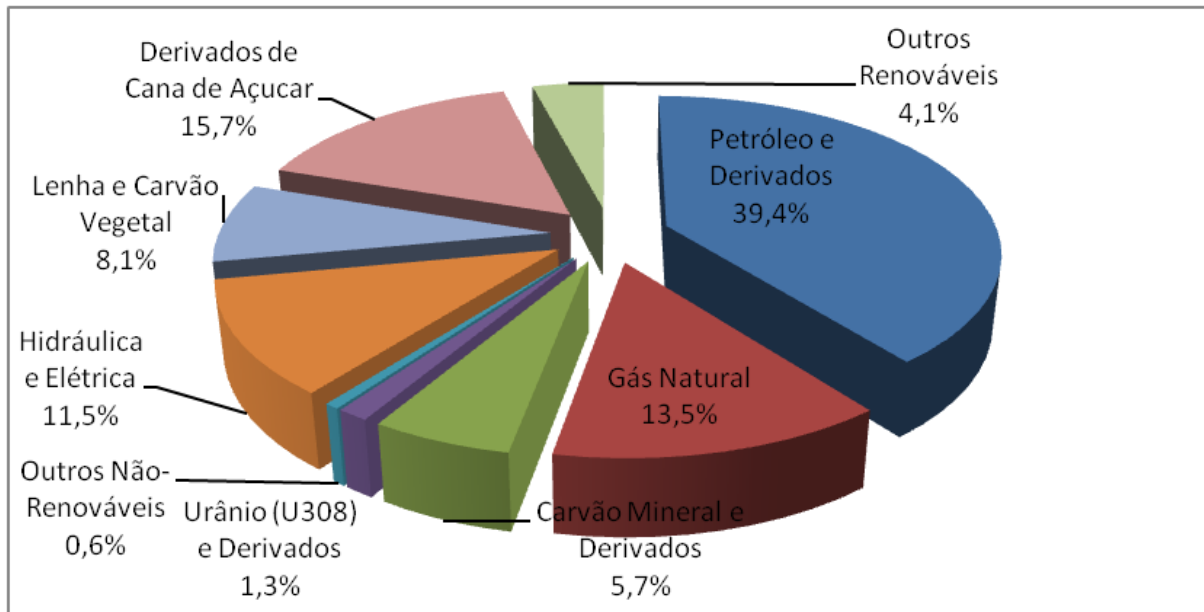
Fonte: ANP, 2015.

O crescimento mensal supera a taxa dos anos anteriores, com média de 13,95% ao mês. Verificando os dados do Balanço Energético Nacional de 2015, elaborado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), foi constatado que mesmo com o grande aumento na produção nacional de gás natural, ainda é necessário importar de outros países, vindo principalmente da Bolívia.

A representatividade do gás natural na matriz energética atingiu 13,5%, sendo a segunda maior entre as fontes não-renováveis e a terceira em âmbito geral, esses números

comprovam o bom crescimento dessa fonte de energia nos segmentos do mercado nacional, conforme a figura 3.

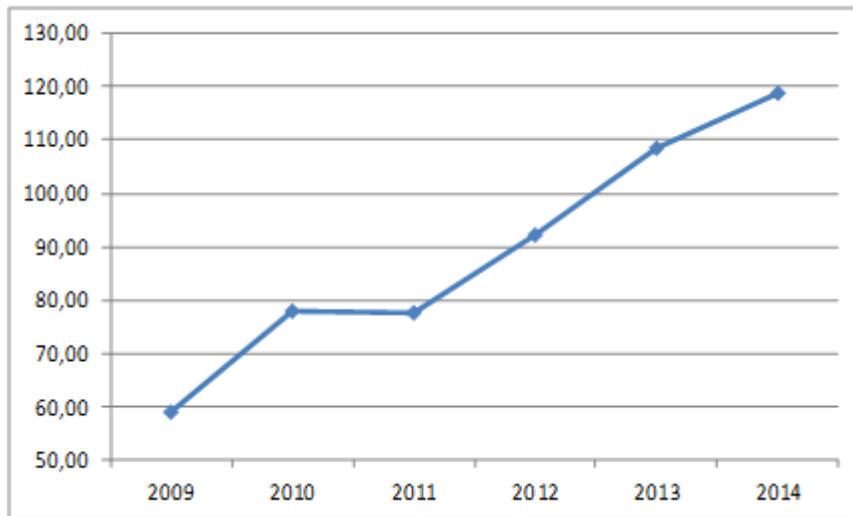
Figura 1 - Matriz energética nacional de 2014.



Fonte: Balanço Energético Nacional, 2015.

Por meio do Boletim Mensal de Acompanhamento da Indústria de Gás Natural, disponibilizado pela MME (Ministério das Minas e Energia), o consumo do gás natural acompanha o crescimento da produção, observado no figura4. O aumento de 2014 em relação a 2009 é superior a 100%, um aumento significativo que estimula ainda mais o mercado. Como mencionado anteriormente, o crescimento em relação às outras fontes de energia decorre da maior demanda por gás natural na geração de energia elétrica.

Figura 4 - Consumo de gás natural no Brasil 2009-2014 (Em milhões de m³/dia).



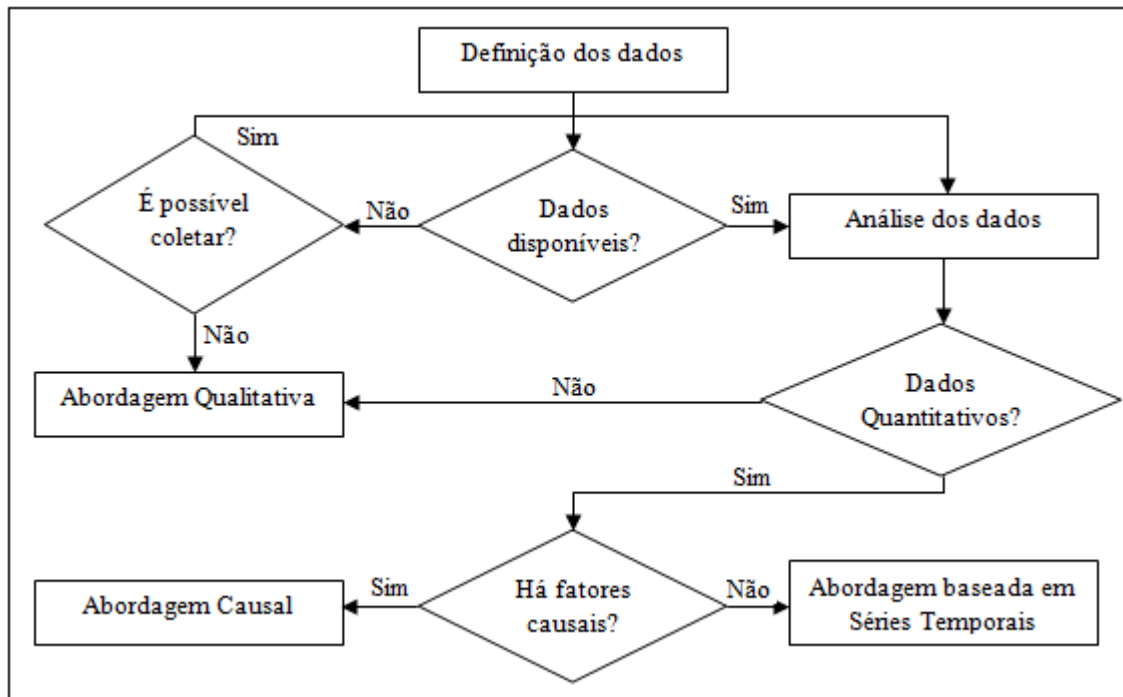
Fonte: MME.

3 Metodologia

As previsões de demanda são elaboradas por meio de abordagens qualitativas ou quantitativas, onde nesta encontram-se as abordagens baseadas em séries temporais e causais. A escolha da abordagem deve passar por quatro pontos que auxiliarão nesta etapa do processo de previsão.

Fernandes e Godinho Filho (2010) afirmam que o primeiro ponto é saber se existe ou não dados históricos, o segundo é saber as possibilidades de coletar esses dados, em seguida, definir a natureza dos dados coletados, se são quantitativos ou qualitativos, e o quarto ponto é identificar se existem fatores causais. A figura 5 apresenta o processo de escolha da abordagem.

Figura 5 - Processo de escolha da abordagem.



Fonte: Fernandes e Godinho Filho (2010).

Métodos quantitativos consistem em analisar os dados passados objetivamente, empregando-se modelos matemáticos para projetar a demanda futura, conforme Morettin e Toloí (2009). A abordagem baseada em séries temporais leva em consideração o comportamento dos dados para escolha do modelo, onde se destacam os modelos de Suavização Exponencial, Método de Holt-Winters, Médias Móveis. Já a abordagem causal subentende que existe uma ou mais causas que afetam o comportamento dos dados históricos, as principais técnicas utilizadas são as de regressão. Para esse trabalho serão utilizados como métodos de previsão a regressão linear e a suavização exponencial dupla.

Para Moretin e Toloí (2011) caso a diferença do previsto e a demanda real seja pequena, o reajuste dos parâmetros por meio do cálculo do erro é o suficiente para correção, mas em casos onde existe grande discrepância de dados, o modelo necessita de reavaliação.

3.1 Regressão Linear Simples

O modelo de regressão linear simples consiste em definir uma relação linear entre a variável dependente e uma variável independente. A literatura de Doane e Seward (2014) sugere a fórmula para regressão linear simples como sendo:

$$Y = a + bX \quad (1)$$

Onde:

a = coeficiente linear da reta;

b = coeficiente angular da reta;

X = valor da variável independente.

Os valores para a e b são obtidos pelas fórmulas a seguir:

$$b = \frac{n(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{n(\sum X^2) - (\sum X)^2} \quad (2)$$

$$a = \frac{\sum Y - b(\sum X)}{n} \quad (3)$$

Onde:

n = número de pares XY observados.

Também é possível medir a correlação entre as variáveis dependentes e independentes por meio da correlação de Pearson (r) obtido segundo Moretin e Tolo (2009) pela expressão:

$$r = \frac{n(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{n(\sum X^2) - (\sum X)^2} \cdot \sqrt{n(\sum Y^2) - (\sum Y)^2}} \quad (4)$$

Conforme Gujarati e Porter (2011) o valor do coeficiente (r) pode variar de +1 a -1, estando o r próximo de +1, corresponde a uma mudança da variável dependente e independente no mesmo sentido. Quando o r estiver próximo de -1 a mudança segue sentidos opostos e se estiver próximo de 0 indica que não há correlação entre as variáveis.

3.2 Método De Suavização Exponencial Dupla

Uma variação da técnica de média exponencial móvel, chamada de suavização exponencial dupla, pode ser empregada para tratar demandas que apresentam tendência, conforme Moretin e Tolo (2011). Essa técnica é aplicada na previsão de demanda para pequenas variações, porém se a demanda apresentar tendência, esta técnica irá demorar a reagir, neste caso a mais indicada é a suavização exponencial dupla, que consiste em fazer a previsão baseada em dois fatores, a previsão da média exponencial móvel e estimar a tendência.

Segundo Fernandes e Godinho Filho (2010) o método da suavização exponencial dupla aplica maior peso aos dados mais recentes, permitindo esse método reaja mais rapidamente à tendência dos dados.

A fórmula dada por Tubino (2009) é:

$$P_{t+1} = M_t + T_t \quad (5)$$

Onde:

P_{t+1} = Previsão da demanda para o período $t+1$;

M_t = Previsão da média exponencial móvel para o período t ;

T_t = Previsão da tendência exponencial móvel para o período t .

Os valores de M_t e T_t serão suavizados exponencialmente, priorizando os dados mais recentes. Na inicialização do modelo não existem dados anteriores de M e T , neste caso há vários procedimentos a ser adotado, neste trabalho, o valor de M inicial será o mesmo valor da demanda do período e valor de T , será a multiplicação de $\frac{1}{2}$ pela soma da diferença entre o período $t+1$ e t , e $t+3$ e $t+2$.

Fernandes e Godinho Filho (2010) diz que a cada novo valor disponível, é possível calcular os novos valores de M_t e T_t . As equações para calcular esses novos valores é dada também por Tubino (2009).

$$M_t = P_t + \alpha(D_t - P_t) \quad (6)$$

$$T_t = T_{t-1} + \alpha_2((P_t - P_{t-1}) - T_{t-1}) \quad (7)$$

Onde:

α_1 = coeficiente de ponderação da média;

α_2 = coeficiente de ponderação da tendência.

Com relação aos α , o de M suavizará a média e o de T a tendência. O comportamento dos dados definirá qual o valor a ser aplicado para o α , que pode variar de 0 a 1. Tubino (2009) diz que quanto maior o coeficiente, mais rápido as previsões assumirão novas tendências, em contra partida, quanto menor for o valor, mais as previsões demorarão a reagir.

Apesar de algumas literaturas sugerirem valores entre 0,1 e 0,3 para o α , o pesquisador deve procurar pelo melhor ajuste entre suavização da média e da tendência, pois caso suavize em demasia algum dos dois, eles podem promover previsões acima ou abaixo da demanda real.

3.3 Manutenção e monitoramento do modelo

É necessário manter um modelo atualizado de previsão e monitorar esse modelo para que se tenham sempre previsões confiáveis da demanda é o que afirmam Gujarati e Porter (2011).

Uma das formas de monitorar é a aplicação do erro acumulado ou a somatória dos erros, que deve tender a zero, pois a previsão estima valores acima e abaixo da demanda real, mas que no final devem se anular, para isso Fernandes e Godinho Filho (2010) define a fórmula como sendo:

$$E_T = \sum_{t=1}^T e_t \quad (8)$$

Quanto mais o E_T se afastar de zero, haverá a indicação de uma previsão tendenciosa, se estiver crescendo ou decrescendo, a previsão pode estar sendo subestimada ou superestimada.

Mesmo que o erro acumulado seja zero, não existem garantias de que o modelo usado é o ideal, pois os erros tendem a se anular, para isso, pode-se utilizar o *Mean Absolute*

Deviation (MAD), o equivalente a três desvios padrões para cima ou para baixo. O MAD mede a dispersão dos erros, então se o seu valor for pequeno a previsão estará próxima da demanda real. A fórmula definida por Tubino (2009) é:

$$MAD = \frac{\sum |D_{atual} - D_{prevista}|}{n} \quad (9)$$

Onde:

D_{atual} = demanda ocorrida no período;

$D_{prevista}$ = demanda prevista no período;

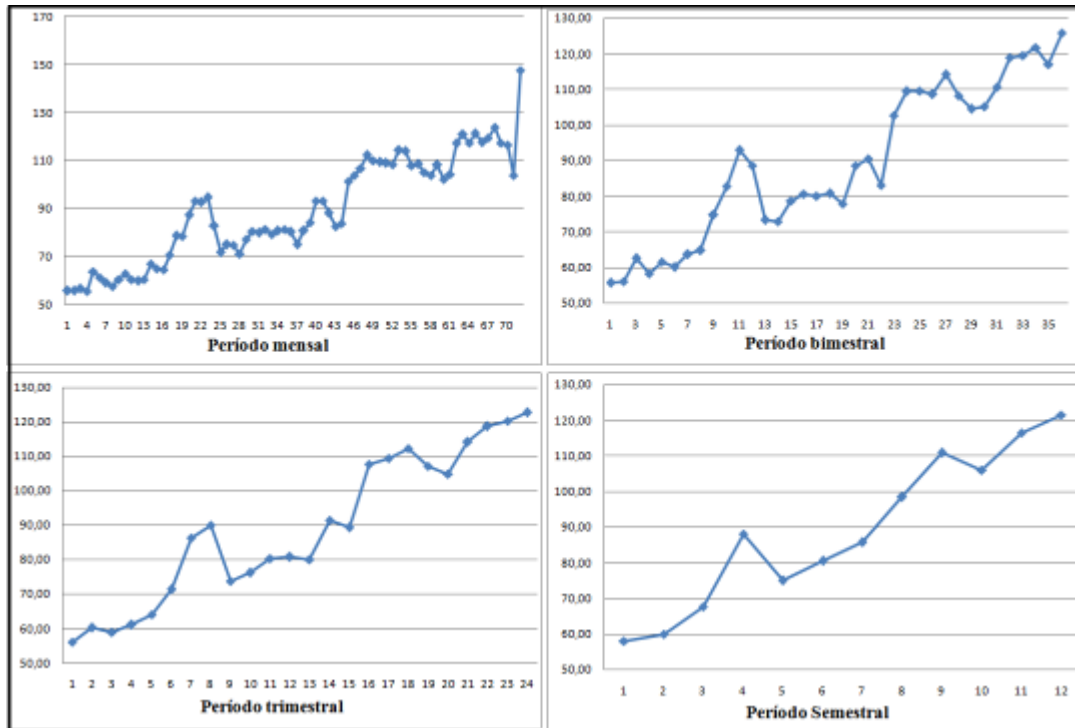
n = número de períodos.

O MAD é bastante utilizado na escolha de métodos e parâmetros da previsão. Fernandes e Godinho Filho (2010) sugerem a relação entre somatória acumulada dos erros da previsão e do desvio absoluto médio. Os autores ainda dizem que para que um modelo seja considerado bom, o erro acumulado deve ser maior que quatro vezes o MAD.

4 Análise dos dados e resultados

Para melhor percepção comportamental os dados foram distribuídos em períodos conforme a figura 6, com o intuito de verificar a presença de sazonalidade nos dados. Observou-se que, independente do período verificado, os dados possuem comportamentos semelhantes. Os dados apresentam uma tendência crescente, com flutuações aleatórias e ausência de períodos sazonais, com base nisso, pôde-se definir os tipos de abordagens a serem utilizadas.

Figura 61 - Comparativo entre os períodos.



Fonte: Autores (2015).

Em seguida determinado qual dos períodos seria usado, primeiramente foi identificado o coeficiente de determinação (r^2), ou grau de ajuste da reta, onde o período semestral apresentou maior ajuste, com 0,9305, contra 0,9151 do trimestral, 0,9016, do bimestral e 0,8669 do período mensal. As literaturas recomendam que o grau de ajuste da reta seja sempre próximo de 1, o que representa 100% de ajuste, levando em consideração os objetivos pretendidos pela modelagem. Sendo assim, o período trimestral foi escolhido, pois apresenta alto valor de ajuste e período considerável de dados para serem estudados, 24 no total, permitindo bom entendimento do comportamental dos dados.

Na abordagem causal, a regressão é a técnica mais utilizada, como os dados são lineares, então a regressão é linear, as pesquisas realizadas também mostraram à influência de um fator causal que interfere no comportamento dos dados, como é uma variável independente agindo sobre a variável dependente, a regressão linear é simples.

Quanto à abordagem baseada em séries temporais, o fato de os dados históricos apresentarem apenas tendência com flutuações aleatórias, sem a presença de sazonalidade, seguindo a metodologia estudada, a técnica clássica recomendada para este caso é a suavização exponencial dupla.

4.1 Aplicação da regressão linear simples

Para o uso da abordagem causal se faz necessário que a ação de uma variável causal independente sobre a variável dependente, neste caso os dados históricos. Para a aplicação da Regressão Linear Simples, é necessário que exista uma causa que influencie e para este estudo, foram identificadas três possíveis causas para o aumento do consumo de gás natural.

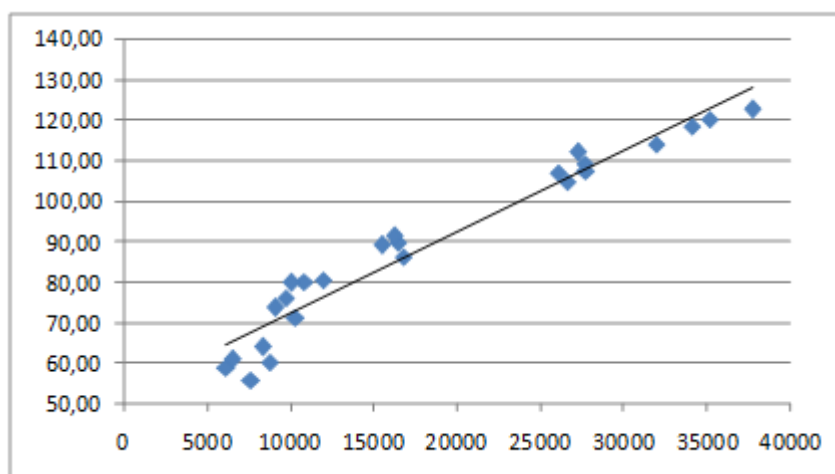
- Preço do Gás Natural
- Geração de Energia Hidráulica
- Geração de Energia Térmica

O passo seguinte foi identificar qual o percentual de correlação de Pearson (r) entre o gás natural e as possíveis causas, para isso foram coletados os dados históricos da geração de energia hidráulica e térmica por meio do Boletim Diário de Operação no site da ONS e o preço do gás natural encontrado no site do Instituto Brasileiro de Petróleo, Gás e Biocombustíveis (IBP), e em seguida calculadas as correlações das três seguintes hipóteses:

- Gás Natural x Preço do Gás Natural: 0,7982
- Gás Natural x Geração de Energia Hidráulica: -0,4473
- Gás Natural x Geração de Energia Térmica: 0,9699

A correlação de Pearson mostrou que existe maior afinidade entre o gás natural e a geração de energia térmica com valor próximo a 1, e seu resultado positivo indica uma tendência crescente, confirmando os dados previamente analisados, isso implica dizer que existe 96,99% de correlação, de tal maneira que esta será a causa empregada para a regressão, conforme figura 7.

Gráfico 7 - Correlação de Pearson entre consumo de gás natural e geração de energia térmica.



Fonte: Autores (2015).

Tubino (2009) recomenda a utilização de 18 a 24 períodos para a aplicação da regressão linear, fato que também contribuiu na escolha dos períodos. Os dados foram plotados novamente no Excel, montando uma planilha para melhor tratamento dos dados conforme a figura 8.

Figura 8 - Dados da regressão linear simples.

Períodos	Geração de Energia Térmica (X)	Consumo Real (Y)	X.Y	X ²	Y ²
1	7671	55,92	428962,32	58844241	3127,05
2	8806	60,17	529827,6667	77545636	3620,03
3	6154	58,95	362757,7867	37871716	3474,71
4	6547	61,01	399410,6467	42863209	3721,81
5	8346	64,09	534867,32	69655716	4107,10
6	10343	71,25	736973,2267	106977649	5077,04
7	16819	86,21	1449965,99	282878761	7432,16
8	16501	89,97	1484594,97	272283001	8094,60
9	9067	73,78	668963,26	82210489	5443,49
10	9758	76,15	743104,2267	95218564	5799,33
11	10858	80,19	870666,8267	117896164	6429,90
12	11968	80,72	966056,96	143233024	6515,72
13	10065	79,91	804260,6	101304225	6385,08
14	16270	91,48	1488379,6	264712900	8368,59
15	15527	89,25	1385784,75	241087729	7965,56
16	27769	107,60	2988036,963	771117361	11578,48
17	27733	109,39	3033712,87	769119289	11966,17
18	27277	112,19	3060206,63	744034729	12586,60
19	26068	107,11	2792143,48	679540624	11472,55
20	26643	104,76	2791209,49	709849449	10975,36
21	31998	114,08	3650225,18	1023872004	13013,49
22	34135	118,67	4050914,233	1165198225	14083,36
23	35148	120,25	4226429,84	1235381904	14459,26
24	37727	122,72	4629983,197	1423326529	15061,02
Σ	439198	2135,81	44077438,03	10516023138	200758

Fonte: Autores (2015).

Os valores da geração de energia térmica correspondem à variável independente (X), já a demanda de gás natural corresponde à variável dependente (Y), pois ela depende do aumento da geração de energia para que o seu consumo também aumente.

Em seguida foi calculado o coeficiente linear (a) e coeficiente angular (b) da equação da regressão linear aplicando as fórmulas 02 e 03, obtendo assim a seguinte equação.

$$Y = 52,136 + 0,002.X$$

Definida a equação da reta, as previsões podem ser realizadas, para isso, basta substituir X na equação chegando então aos resultados de Y .

Substituído os valores de X na equação de previsão, obtém-se a consumo estimado de gás natural e o erro da equação, como se pode ver na figura 9 abaixo.

Figura 9 – Consumo estimado e o erro para os períodos conhecidos.

Períodos	Geração de Energia Térmica (X)	Consumo Real (Y)	Consumo Estimada $Y=a+b.X$	e (erro)
1	7671	55,92	67,59	-11,67
2	8806	60,17	69,87	-9,70
3	6154	58,95	64,53	-5,58
4	6547	61,01	65,32	-4,31
5	8346	64,09	68,94	-4,86
6	10343	71,25	72,97	-1,71
7	16819	86,21	86,01	0,20
8	16501	89,97	85,37	4,60
9	9067	73,78	70,40	3,38
10	9758	76,15	71,79	4,36
11	10858	80,19	74,00	6,18
12	11968	80,72	76,24	4,48
13	10065	79,91	72,41	7,50
14	16270	91,48	84,90	6,58
15	15527	89,25	83,41	5,84
16	27769	107,60	108,06	-0,46
17	27733	109,39	107,99	1,40
18	27277	112,19	107,07	5,12
19	26068	107,11	104,64	2,47
20	26643	104,76	105,80	-1,03
21	31998	114,08	116,58	-2,50
22	34135	118,67	120,88	-2,21
23	35148	120,25	122,92	-2,68
24	37727	122,72	128,12	-5,40
Σ	439198	2135,81	2135,81	0,00

Fonte: Autores (2015).

Nota-se na figura que a soma do erro acumulado é igual a 0. As estatísticas obtidas na regressão confirmam como o método se ajuste bem aos dados históricos, proporcionando confiança para a aplicação desta técnica.

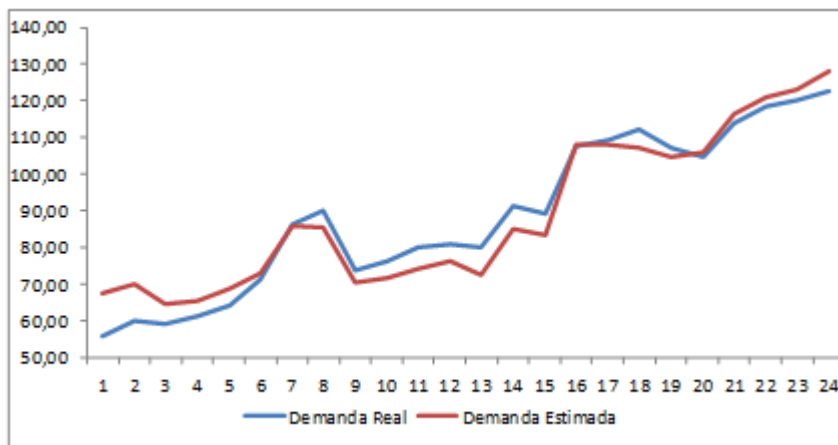
Figura 10 - Dados estatísticos da regressão.

<i>Estatística de regressão</i>	
R múltiplo	0,969924857
R-Quadrado	0,940754228
R-quadrado ajustado	0,938061239
Erro padrão	5,364865583
Observações	24

Fonte: Autores (2015).

Destaque para o r^2 que é de 94%, com uma margem de erro muito pequena, valor aceitável para os gestores de produção, isso indica um bom ajuste do consumo estimado em relação ao consumo real. A figura 11 ilustra o exemplo, nela está representada a demanda real e estimada. A figura confirma o ajuste da demanda estimada com a demanda real, como mencionado anteriormente, ambas percorrem praticamente o mesmo caminho.

Figura 11 - Comparativo entre a demanda real e a estimada pela regressão linear.



Fonte: Autores (2015).

O passo seguinte foi realizar a previsão da demanda futura para os próximos 2 anos, uma previsão a longo prazo, mas para isso, foi necessário realizar outra regressão linear

simples desta vez para prever os valores da variável independente X , a geração de energia térmica.

Nesta nova regressão, o fator tempo tornou-se a variável independente (Y) e a geração de energia térmica, a variável dependente (X), o que isso quer dizer é que o tempo passou a influenciar na geração de energia térmica. Sendo assim, obtiveram-se os seguintes valores.

Figura 21 – Geração estimada de energia térmica.

Períodos (X)	Geração Estimada (Y)
25	35027,49
26	36365,70
27	37703,90
28	39042,11
29	40380,32
30	41718,52
31	43056,73
32	44394,94

Fonte: Autores (2015).

Com a previsão da geração de energia estimada, é possível realizar a previsão de demanda para o consumo de gás natural para os próximos 8 períodos, ou dois anos.

Figura 32 - Consumo de gás natural estimado pela regressão linear.

Períodos	Geração de E. Térmica Estimada	Consumo de Gás Natural Estimado
25	35027,49	122,68
26	36365,70	125,38
27	37703,90	128,07
28	39042,11	130,77
29	40380,32	133,46
30	41718,52	136,16
31	43056,73	138,85
32	44394,94	141,55

Fonte: Autores (2015).

A previsão apresenta tendência de crescimento, estimando uma leve queda no período posterior ao último da demanda real e evoluindo progressivamente ao longo da projeção em uma reta de regressão linear.

4.2 Aplicação da suavização exponencial dupla

Conforme os dados históricos, observados apresentam tendência com flutuações aleatórias, sem a presença de períodos sazonais, para tal comportamento o método clássico de suavização exponencial dupla é o mais utilizado.

O primeiro passo foi plotar os dados da demanda real na planilha Excel, logo após, como visto no tópico 3.4.1., o α de M_t se encarrega de suavizar a média dos dados, enquanto o α e de T_t , tende a suavizar a tendência dos mesmos, para encontrar os valores de ambos os α que se relacionassem melhor promovendo o devido ajuste de média e tendência e consequentemente reduzindo ao mínimo a diferença entre a demanda real e demanda estimada, foram realizados testes com todos os valores entre os intervalos de 0 e 1 e os valores de 0,7 e 0,6 para os α de M_t e T_t , respectivamente, permitiram o melhor ajuste entre suavização da média e tendência.

A partir da definição de α , obteve-se todos os valores de M_t e T_t para cada período, conforme figura 13.

Figura 4 - Dados do método da suavização exponencial dupla.

Períodos	Consumo Real	M_t	T_t
		0,7	0,6
1	55,92	55,92	3,15
2	60,17	59,84	3,61
3	58,95	60,30	1,72
4	61,01	61,31	1,30
5	64,09	63,64	1,92
6	71,25	69,55	4,31
7	86,21	82,50	9,50
8	89,97	90,58	8,65
9	73,78	81,41	-2,04
10	76,15	77,12	-3,39
11	80,19	78,25	-0,68
12	80,72	79,77	0,64
13	79,91	80,06	0,43
14	91,48	88,18	5,05
15	89,25	90,44	3,37
16	107,60	103,47	9,16
17	109,39	110,36	7,80
18	112,19	113,98	5,29
19	107,11	110,76	0,18
20	104,76	106,62	-2,41
21	114,08	111,12	1,73
22	118,67	116,93	4,18
23	120,25	120,50	3,82
24	122,72	123,20	3,15

Fonte: Autores (2015).

Com todos os valores necessários a disposição, as demandas podem ser estimadas, os erros encontrados e o método monitorado. Com os valores de α para M_t e T_t , foram obtidos as previsões e os erros, observados na figura 14.

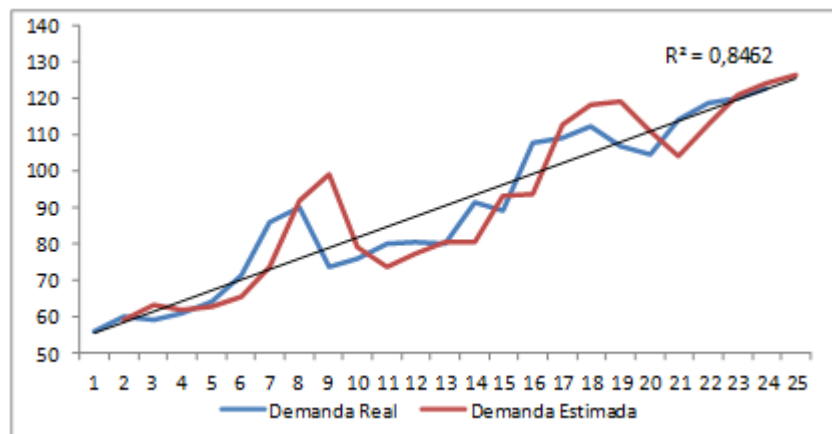
Figura 14 - Dados do método da suavização exponencial dupla.

Períodos	Consumo Real	<i>Mt</i>	<i>Tt</i>	Previsão	<i>e</i> (erro)
		0,7	0,6	Pt + 1	
1	55,92	55,92	3,15		
2	60,17	59,84	3,61	59,07	1,09
3	58,95	60,30	1,72	63,45	-4,50
4	61,01	61,31	1,30	62,02	-1,01
5	64,09	63,64	1,92	62,61	1,48
6	71,25	69,55	4,31	65,56	5,69
7	86,21	82,50	9,50	73,85	12,36
8	89,97	90,58	8,65	92,00	-2,03
9	73,78	81,41	-2,04	99,22	-25,44
10	76,15	77,12	-3,39	79,37	-3,22
11	80,19	78,25	-0,68	73,73	6,46
12	80,72	79,77	0,64	77,57	3,15
13	79,91	80,06	0,43	80,42	-0,51
14	91,48	88,18	5,05	80,49	10,99
15	89,25	90,44	3,37	93,23	-3,98
16	107,60	103,47	9,16	93,82	13,79
17	109,39	110,36	7,80	112,63	-3,24
18	112,19	113,98	5,29	118,17	-5,98
19	107,11	110,76	0,18	119,28	-12,17
20	104,76	106,62	-2,41	110,94	-6,18
21	114,08	111,12	1,73	104,21	9,87
22	118,67	116,93	4,18	112,85	5,82
23	120,25	120,50	3,82	121,11	-0,86
24	122,72	123,20	3,15	124,32	-1,60

Fonte: Autores (2015).

Comparando graficamente a demanda real da estimada, temos a figura 15. A demanda estimada teve r^2 igual a 0,8462, com a previsão acompanhando o mesmo comportamento da demanda real, já nos últimos períodos, as linhas praticamente se igualam.

Figura 15 - Comparativo entre a demanda real e a estimada pela suavização exponencial dupla.



Fonte: Autores (2015).

Para monitoramento do modelo e futuros ajustes, foram calculados a somatória dos erros e o MAD, conforme figura a seguir:

Figura 16 - Valores da soma dos erros e o MAD.

Soma acumulada dos Erros	-0,02
MAD	0,0006

Fonte: Autores (2015).

A técnica apresentou um erro médio e a somatória dos erros muito próximos de 0, o que indica que o modelo está adequado para os dados apresentados e MAD de 0,0006, indicando uma dispersão pequena dos erros e que a demanda prevista é próxima da demanda real.

Por fim, foi previsto o consumo do gás natural para os próximos 3 períodos, o máximo permitido para a suavização exponencial dupla, caracterizando uma previsão de médio prazo, estimando então os valores visualizados na figura abaixo.

Figura 17 - Consumo de gás natural estimado pela suavização exponencial dupla.

Períodos	Consumo de Gás Natural Estimado
25	126,35
26	129,50
27	132,64

Fonte: Autores (2015).

Os valores estimados evoluem com margem de crescimento praticamente igual, o método suaviza mais a média do que a tendência, mas devido os dados possuírem, a priori, tendência crescente, a previsão configura uma reta linear com crescimento acentuado quando observados em gráfico.

4.3 Análise comparativa entre os métodos

Estipula-se o percentual mínimo do ajuste entre 65%, 70%, segundo Tubino (2009), porém o ideal é que se busque sempre atingir o máximo possível de ajuste levando em consideração as pretensões do estudo, para isso as técnicas são capazes de se harmonizar com o comportamento dos dados.

O estudo mostrou que, para os dados trabalhados, os métodos de previsão de Regressão Linear Simples e a Suavização Exponencial Dupla, atendiam aos padrões encontrados.

A regressão linear simples permitiu um melhor grau de ajuste da reta linear, com r^2 de 0,9380, ou 93,8% de grau de ajuste da reta com erro acumulado igual a zero.

A suavização exponencial dupla apresentou r^2 de 0,8462, erro acumulado de $-0,02$ e MAD de 0,006, e pelo que foi visto no tópico 3.5, se o erro acumulado for superior em mais de quatro vezes o MAD, o modelo é considerado bom.

A figura 18, abaixo, apresenta a comparação entre as demandas estimadas pelos dois métodos com a demanda real obtida do primeiro trimestre de 2015.

Figura 18 - Comparativo entre as demandas estimadas.

Comparativo Previsão de Demanda					
Período	Regressão Linear	Suavização E. Dupla	Demanda Real	Erro da Regressão	Erro da Suavização
25	122,68	126,35	123,06	0,38	-3,29
26	125,38	129,50			
27	128,07	132,64			

Fonte: Autores (2015).

Percebeu-se que a regressão linear simples apresentou melhor ajuste aos dados históricos, apresentando um grau de ajuste da reta (r^2) maior, o que permite menor margem de erro, como pode ser observado na figura acima, onde o erro da regressão foi de 0,38 contra -3,29 da suavização exponencial dupla, sendo então a melhor técnica a ser aplicada no momento, mas isso não quer dizer que a suavização não possa ser usada futuramente, a mesma precisa ser monitorada e recalculada constantemente e à medida que os dados forem sendo colhidos, o método se ajustará aos dados.

5 Conclusão

Este trabalho procurou avaliar o comportamento do mercado de gás natural no Brasil, através do estudo realizado, levantando outros estudos sobre o tema e uma pesquisa quantitativa pôde-se encontrar um modelo que permitiu estimar o consumo no intuito de auxiliar o planejamento estratégico do mercado.

Tendo como objetivo geral promover a análise comparativa entre modelos de previsão para posteriormente encontrar a que melhor se ajustasse a demanda de gás natural, com esse

trabalho foi possível encontrar técnicas de previsão que atendiam a necessidade de modelagem e com isso definir que a regressão linear simples apresentava melhor ajuste com previsão mais próxima da demanda real.

A pesquisa também alcançou os objetivos específicos. Primeiro: conhecer o mercado de gás natural e seus dados históricos, fornecendo entendimento sobre o comportamento da demanda e influências do mercado. Segundo: avaliar os dados promovendo uma análise comparativa entre modelos de previsão, pois com o padrão dos dados identificado foi possível determinar os métodos e realizar a análise comparativa. Terceiro: determinar o melhor método de previsão de demanda baseado nas previsões calculadas em ambos os modelos.

Este estudo permitiu angariar conhecimento necessário para concluir que o objetivo da previsão de demanda não é atingir o percentual mínimo aceitável de exatidão, mas buscar sempre o máximo, a necessidade da exatidão do gestor é que irá determinar se o percentual encontrado supre ou não os seus anseios.

REFERÊNCIAS

Balço Energético Nacional. Empresa de Pesquisa Energética - EPE. Disponível em: <<https://ben.epe.gov.br/BENRelatorioSintese.aspx?anoColeta=2015&anoFimColeta=2014>>. Acesso em: 13 de agosto de 2015.

Boletim da Produção de Petróleo e Gás Natural. Agencia Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - ANP. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?pg=77431&m=boletim&t1=&t2=boletim&t3=&t4=&ar=0&ps=1&1442614069067>>. Acesso em: 14 de agosto de 2015.

Boletim Mensal de Acompanhamento da Indústria de Gás Natural. Ministério de Minas e Energia - MME. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/web/guest/secretarias/petroleo-gas-natural-e-combustiveis-renovaveis/publicacoes/boletim-mensal-de-acompanhamento-da-industria-de-gas-natural>>. Acesso em: 11 de agosto de 2015.

DOANE, D. P.; SEWARD, L. E. **Estatística Aplicada à Administração e Economia.** 4ª.ed. São Paulo: Mc Graw Hill, 2014. 864p.

FERNANDES, F. C. F.; GODINHO FILHO, M. **Planejamento e Controle da Produção. Dos Fundamentos ao Essencial.** São Paulo: Atlas S.A, 2010.

GUJARATI, D. N.; PORTER, D. C. **Econometria básica.** 5. ed. Porto Alegre: AMGH, 2011.

Levantamento Estatístico. Associação Brasileira das Empresas Distribuidoras de Gás Canalizado - ABEGÁS. Disponível em: <<http://www.abegas.org.br/Site/?cat=27>>. Acesso em: 14 de julho 2015.

MORETTIN, P. A.; TOLOI, C. M. C. **Análise de Séries Temporais.** Ed. Edgard Blucher. 2004.

Preço do Gás Natural. Instituto Brasileiro de Petróleo, Gás e Biocombustíveis – IBP. Disponível em: <<http://200.189.102.61/SIEE/dashboard/PrecoDoGasNatural>>. Acesso em: 15 de agosto de 2015.

Plano de Negócios e Gestão. Agencia Nacional do Petróleo – ANP. Disponível em:
<<http://www.petrobras.com.br/pt/quem-somos/estrategia/plano-de-negocios-e-gestao/>>. Acesso em: 01 de setembro de 2015.

Produção Nacional de Gás Natural. Agencia Nacional do Petróleo – ANP. Disponível em:
<www.anp.gov.br/?dw=8488>. Acesso em: 15 de abril 2015.

Resenha Energética Brasileira. Ministério de Minas e Energia – MME. Disponível em:
<http://www.mme.gov.br/web/guest/publicacoes-e-indicadores/boletins-de-energia?_20_displayStyle=descriptive&p_p_id=20>. Acesso em: 15 de agosto de 2015.

SLACK, N.; et al. **Administração da Produção.** 3. ed. São Paulo: Atlas S.A, 2009.

TUBINO, D. F. **Planejamento e Controle da Produção.** 2. ed. São Paulo: Atlas S.A, 2009.