

MÁRIO FRANZAGO MARCOCCIA

**ESTUDO DE MÉTODO DE PRECIFICAÇÃO FUTURA DO OURO POR
REGRESSÃO LINEAR MÚLTIPLA**

São Paulo

2018

MÁRIO FRANZAGO MARCOCCIA

**ESTUDO DE MÉTODO DE PRECIFICAÇÃO FUTURA DO OURO POR
REGRESSÃO LINEAR MÚLTIPLA**

Trabalho de Formatura em Engenharia
de Minas do curso de graduação do
Departamento de Engenharia de
Minas e de Petróleo da Escola
Politécnica da Universidade de São
Paulo.

Orientador: Prof. Dr. Manoel Rodrigues
Neves

Co-orientador: Dr. Maurício Dompieri

São Paulo

2018

TF-2018

M333e

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Spew 2927886

420/8c



Escola Politécnica - EPMI



31700001895

Catalogação-na-publicação

Marcoccia, Mário

Estudo de método de precificação futura do ouro por regressão linear
múltipla / M. Marcoccia -- São Paulo, 2018.
27 p.

Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade de São
Paulo. Departamento de Engenharia de Minas e Petróleo.

1.Ouro 2.Regressão Linear I.Universidade de São Paulo. Escola
Politécnica. Departamento de Engenharia de Minas e Petróleo II.t.

"Sucesso é ir de falha em falha sem perder o entusiasmo"

Winston Churchill

Agradecimentos

Ao Prof. Manoel, por aceitar me orientar, e principalmente à Maurício Dompieri por me auxiliar de coração aberto em meu trabalho, meu sucesso nessa empreitada se deve a vocês.

À Prof. Patrícia Matai, por sempre ter acreditado no meu potencial.

Aos companheiros da Colaboradores e da Bain, em especial meus mentores Guilherme Ruggiero, Felipe Borges e Gabriel Frassi pelos ensinamentos, e aos meus companheiros de dia a dia Marcelo “Nóia” e Time Estags: João, Victor e Sara. Começar minha carreira ao lado de vocês foi um privilégio enorme.

À Daniel Morimoto e Gúbio Barsottini, que como verdadeiros companheiros de graduação, se dispuseram muitas vezes a me auxiliar nas empreitadas acadêmicas sem esperar nada em troca, somente no intuito de assegurar que eu sucedesse academicamente.

À toda a Associação Atlética Acadêmica Politécnica, em especial à gestão Guerreiros da LIX. Além de ter sido o principal motivo de minha permanência na graduação, foi a maior fonte de amadurecimento de toda a minha vida, me tornando um engenheiro, profissional e ser humano muito melhor.

À Matheus Giori “Dibranco” e Felipe Foltram “Anão”, que muitas vezes atuaram como irmãos mais velhos e foram parceiros nas piores horas, ainda que comumente dessem péssimos conselhos.

À Beatriz Senciales, que marcou profundamente minha história para melhor.

Aos eternos companheiros Pedro Brigide “Itaipava” e Thiago Fagundes “York”, amigos com os quais dividi teto em boa parte da graduação, e cujas histórias que vivemos levarei para toda minha vida.

À minha família, que sempre esteve lá por mim, colaborando com minha educação, motivação e base ética.

Ao meu tio Luís, como exemplo de Politécnico apaixonado pela engenharia, que sempre me incentivou para que eu seguisse esse caminho.

Aos mais importantes, meus pais: Renato, que sempre colocou tudo que podia à prova para me ver suceder, deixando seus próprios desejos de lado, e minha mãe Elisa, altruísmo em pessoa, meu porto seguro e maior exemplo de personalidade em Terra.

Muito obrigado por tudo,

RESUMO

O ouro é uma substância importante para os homens desde os tempos mais remotos, e cada vez adquire maior relevância à medida que se torna um recurso escasso no nosso planeta. Nesse cenário, entender os principais fatores que podem impactar na precificação futura do ouro permitiria prever desde quais minas seriam viáveis, até quais períodos seriam bons para a realização de investimentos. O estudo tem como objetivo identificar os principais fatores que determinam o preço futuro do ouro. Para isso, será desenvolvida uma regressão linear múltipla, onde serão comparados os dados passados relativos à demanda e oferta do ouro. O resultado demonstra que a utilização desta técnica para um período especificado não se chega a resultados tão bons, piores por exemplo que as redes neurais, propostas por Kristjanpoller, Minutolo, 2015. Ainda assim, o estudo traz uma perspectiva da correlação e a importância de alguns fatores do preço do ouro como *commodity*, que impactam na sua precificação de mercado.

PALAVRAS-CHAVE: Ouro, Regressão Linear Múltipla, Precificação Futura.

ABSTRACT

Gold is an important substance for men since the oldest times, and it acquires relevance throughout the years, as it becomes a rare resource on our planet. In that scenario, understanding the biggest factors that could impact on the future pricing of gold would allow us to predict which mines should be kept operating, and even the best periods for investing in gold. The study aims to identify the main factors in gold future pricing. In order to discover, it will utilize a multiple linear regression, comparing past gold demand data. The outcome reveals that using the technique, while only looking to past data, isn't good enough, result which is, for instance, worse than the Neural Methodology proposed by Kristjanpoller, Minutolo, 2015. The study still brings an interesting insight about the correlation and importance of some factors influencing gold price as a commodity, and its market pricing.

KEY-WORDS: Gold, Multiple Linear Regression, Future Pricing.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	6
2. OBJETIVO E RELEVÂNCIA	7
3. REVISÃO DA LITERATURA.....	8
3.1. O OURO COMO COMMODITY	8
3.2. PRINCIPAIS FATORES QUE IMPACTAM NO PREÇO DAS <i>COMMODITIES</i> MINERAIS.....	8
3.3. A IMPORTÂNCIA DO OURO NO PANORAMA GERAL DE MERCADO	9
3.4. HISTÓRICO DAS PREVISÕES DE PREÇO DE MERCADO DO OURO E AS DIFÍCULDADES ENVOLVIDAS	12
4. METODOLOGIA	14
5. CONCLUSÃO	23
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	24

1. INTRODUÇÃO

O Ouro é uma das substâncias que está com o homem há mais tempo na humanidade, aparecendo nas joias dos egípcios, e tendo ocasionado guerras entre nações. Com o passar dos anos, sua importância estratégica se firmou cada vez mais, tendo sido usado como moeda de troca, inclusive demonstrando poder de Estados em função de sua reserva.

Ao se pensar no mundo moderno, sua extração e comercialização movimenta bilhões de dólares anualmente, captando o interesse de diferentes tipos de profissionais. Seus usos, como veremos adiante, podem se estender da odontologia até a ornamentação (WGC, 2018), e as reservas de sua forma pura são distribuídas de forma totalmente desigual pelo mundo.

Em função disso, é importante modelar seu preço futuro para que as mineradoras possam saber se vale ou não a pena produzir mais ouro, dado o preço futuro que o mesmo assumirá. Dessa maneira, tal análise permitiria que investidores pudessem descobrir o melhor momento para adquirir ouro, de modo a lucrar com a subida do seu preço no futuro.

Por conta dessas e outras perguntas, este estudo visa compreender quais fatores podem impactar na sua comercialização, produção e preço. Diversos autores já descreveram métodos diferentes, alguns se provando ineficientes e outros de fato sendo muito poderosos em períodos específicos da história. Nesse estudo em especial, busca-se compreender os fatores que impactam o preço do ouro, e testar esses fatores utilizando regressão linear múltipla.

2. OBJETIVO E RELEVÂNCIA

Este estudo visa realizar uma análise preditiva da precificação futura do ouro, por meio de uma regressão linear múltipla. Tal estudo permitirá não somente definir e quantificar a importância de diferentes variáveis na composição do preço futuro do ouro, mas também compreender se é possível obter resultados próximos da realidade apenas se observando os dados passados do minério.

Se bem-sucedido, o estudo permitirá prever de forma mais precisa qual será o preço futuro do ouro, auxiliando na determinação de viabilidade de produção em minas, na compra e venda de ativos por investidores, e até de planejamento financeiro aos que investem em ouro como forma de previdência.

Inicialmente, se levantarão os principais fatores, segundo a literatura, que impactariam o preço do ouro. Em seguida se definirá um grupo relevante destes fatores para a previsão futura, finalmente comparando os resultados com os dados da realidade ao final.

Objetiva-se chegar a uma previsão que possua índice WMAPE inferior a 25%, que indicaria um erro pequeno de previsão, como será explicado adiante no Tópico 4 – DESENVOLVIMENTO.

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1. O OURO COMO COMMODITY

Commodities se classificam como bens que, uma vez definidos e especificados segundo um manual de especificações técnicas, pouco ou nada se diferenciam por quaisquer características. Pela falta de critérios relevantes que as diferenciem na comercialização, o fluxo de *commodities* é ditado pelo preço das mesmas. Além disso, como consequência direta da lei de oferta e procura, toda e qualquer variação do preço das *commodities* é originada por uma variação direta ou indireta na sua demanda de mercado.

Como exemplos de *commodities* podemos citar os bens agrícolas como soja, feijão, arroz; e também minérios ou substâncias metálicas refinadas (com pureza especificada) como ferro, prata, cobre e o objeto de nosso interesse nesse estudo, o ouro.

O ouro, cujo preço de mercado varia em função de demanda, se classifica como uma *commodity*. No entanto, para que possa ser negociado, por definição deve ter pureza mínima de 995, o que equivale ao ouro de 24 quilates (CME Group, 2018).

3.2. PRINCIPAIS FATORES QUE IMPACTAM NO PREÇO DAS COMMODITIES MINERAIS

Partindo da definição de *commodity*, temos que seu preço das mesmas deve variar por meio de fatores que impactam direta ou indiretamente na sua demanda.

As *commodities* minerais têm seus preços de referência fixados, em geral, em alguma bolsa. No caso específico do ouro, o mesmo é negociado em diferentes bolsas ao redor do mundo, como a Bolsa de Londres e a BM&F Bovespa (agora chamada B3). Nesse estudo, será utilizado o preço fixado na COMEX- *Commodity Exchange of New York*; ou Bolsa de Commodities de Nova Iorque, na tradução literal.

Alguns dos fatores indiretos que podem influenciar a demanda são citados por Wagner (2003), tais como: a descoberta de novas fontes minerais não antes consideradas, a eventual especulação de profissionais que procuram lucro no curto prazo com as curvas de oscilação, ou ainda a mudança nos métodos

produtivos vigentes, possibilitando um aumento da produção cabível e antecipação da tradução das reservas vigentes do bem mineral para sua forma que atende as características de mercado.

Ainda que o consenso geral seja que a oferta e a demanda influenciem o preço, diferentes perspectivas aparecem em relação a esse fato: analistas de investimento focam na variação em função da variação das expectativas de mercado, analistas de *commodities* consideram a variação dessa demanda em função dos dias de estoque remanescentes na indústria, e analistas do mercado financeiro acreditam que o maior *drive* da variação seja a especulação dos investidores, como já apontado por Dompieri (2014).

Ainda segundo o autor, podemos enxergar fatores mais abrangentes que atuam na demanda e precificação dessas *commodities*, desde a mudança dos hábitos de consumidores, que impactariam na demanda de ouro consumido – a ser aprofundada ainda nesta revisão bibliográfica – à abertura ou fechamento de minas, e a fenômenos geopolíticos, como o colapso da União Soviética ou a deflação do dólar nos Estados Unidos da América.

3.3. A IMPORTÂNCIA DO OURO NO PANORAMA GERAL DE MERCADO

É inegável a importância histórica do ouro, que já foi por alguns períodos o único meio de mensurar as riquezas de um Estado, e até hoje regula boa parte da economia mundial. Já na atualidade, e em especial no setor mineral, ele se destaca na avaliação de viabilidade de processos de mineração, os quais determinam as produções anuais em função do lucro previsto com o minério (Bloise, Shieh, 1995).

Com reservas acumuladas pelas nações e pelo Fundo Monetário Internacional que ultrapassam a casa de trinta e duas mil toneladas (WGC, 2018), o ouro se encontra muito concentrado no que tange suas reservas, estando 73% do mesmo em oito países, sendo que um total de 24,1% estão concentrados somente nos Estados Unidos.

Sua produção e demanda mudou muito ao longo dos anos, o que pode ser percebido pela avaliação dos dados nos anos 2002 a 2007, que fica em torno das 3500 toneladas anuais de ouro, como pode ser visto nas tabelas 1 e 2, que ilustram

ambos os fatores de 2002 a 2007. Destes, aproximados 71% provém de minas e o restante de transações bancos centrais e outras instituições financeiras, e como destino final, também aproximados 71% se destinam a joias, e o restante a varejistas e mercado de odontologia (Shafiee, Topal, 2010).

TABELA 1: PRODUÇÃO E FORNECIMENTO ANUAL ESTIMADO DE OURO DE 2002 A 2007 (TONELADAS)

Year	Mine production	Net producer hedging	Total mine supply	Official sector sales	Old gold scrap	Total supply
2002	2591	-412	2179	545	835	3559
2003	2593	-279	2314	617	944	3875
2004	2463	-427	2036	471	834	3341
2005	2548	-92	2456	663	898	4017
2006	2485	-410	2075	370	1129	3574
2007	2475	-447	2028	501	967	3496

Fonte: WGC (2018)

TABELA 2: DEMANDA ANUAL ESTIMADA DE OURO POR SETOR DE 1998 A 2007 (TONELADAS)

Year	Jewellery	Net retail investment	ETFs and similar	Industrial and dental	Total
1998	3164	263	—	393	3820
1999	3132	359	—	412	3903
2000	3196	166	—	451	3813
2001	3001	357	—	363	3721
2002	2653	340	3	357	3353
2003	2477	293	39	381	3190
2004	2613	340	133	414	3500
2005	2708	385	208	432	3733
2006	2284	401	260	459	3404
2007	2400	403	253	461	3517

Fonte: WGC (2018)

Já no cenário mais atual, de 2010 a 2017, como se pode ver na Tabela 3, temos que a produção anual de ouro fica na casa de 4.400 toneladas, o que demonstra um aumento de cerca de 25% em relação ao período anterior.

A característica da demanda também mudou, com joias passando a representar cerca de 50% da demanda, uma queda de 20 pontos percentuais.

TABELA 3: PRODUÇÃO E DEMANDA DE OURO EM TONELADAS

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Produção								
Minas	2.744,1	2.845,6	2.911,5	3.071,5	3.149,8	3.216,0	3.278,7	3.305,2
Hedge líquida de produtores	-108,8	22,5	-45,3	-27,9	104,9	13,1	32,7	-25,6
Ouro reciclado	1.680,3	1.655,8	1.677,2	1.254,9	1.193,7	1.128,8	1.291,4	1.167,7
Produção Total	4.315,6	4.523,9	4.543,4	4.298,5	4.448,4	4.357,9	4.602,7	4.447,3
Demanda								
Fabricação								
Joias	2.040,9	2.084,5	2.130,4	2.721,0	2.526,0	2.460,0	1.998,8	2.226,8
Tecnologia	460,5	428,6	381,3	355,9	348,7	332,0	323,4	333,1
Total de moedas e barras	1.203,7	1.500,8	1.308,9	1.726,2	1.061,9	1.086,3	1.068,4	1.042,0
Índices futuros e similares	429,6	232,0	306,1	-912,3	-184,2	-125,1	547,0	206,4
Bancos centrais & similares	79,2	480,8	569,3	623,8	583,9	576,5	389,8	374,8
Demanda total de ouro	4213,81	4726,71	4696,02	4514,68	4336,3	4329,67	4327,3	4183
Adicional/Déficit	101,8	-202,8	-152,6	-216,2	112,1	28,2	275,4	264,3
LBMA Gold Price, USD/onça	1224,52	1571,52	1668,98	1411,23	1266,4	1160,06	1250,8	1257,15

Fonte: Metals Focus, Thomson Reuters, ICE Benchmark Administration, World Gold Council (2018)

Como já levantado por Areal, Oliveira e Sampaio (2013), por se tratar de um minério que já foi muito explorado, a expectativa ao longo dos anos é de que haja crescimento de seu valor de mercado, pela diminuição da sua oferta globalmente, o que levará as companhias a explorarem reservas de cada vez menor teor.

Tal lógica é reforçada pela comparação dos dados, com o preço do ouro evoluindo na comparação das duas décadas, mudança que provavelmente foi agravada pelo aumento da demanda do mesmo no período.

Levando em conta essa característica econômica, o ouro reforça sua importância com relação aos investidores e seus investimentos de longo prazo, em especial vinculados à previdência. Segundo Blose e Shieh (1995), muitos gestores de portfólio costumam sugerir a seus clientes que apliquem de 10 a 25% de seu patrimônio em ouro, seja em barras ou moeda, por se tratar de um investimento sólido.

Praticamente como uma extensão dos investimentos supracitados, muitos acabam investindo também em empresas cuja principal atividade seja a extração de ouro, pela alta correlação que as mesmas apresentam com o preço do ouro, como colocado por Baur (2014).

Em suma, ainda nos dias de hoje, e ainda mais nos dias que virão, deve-se continuamente estudar o ouro, seja procurando formas de aperfeiçoar seus processos de lavra e tratamento, seja entendendo cada vez melhor como a *commodity* se comporta no mercado, em função de fatores externos e até mesmo das suas previsões de valor por empresas, bancos e investidores, para futuramente entender como impactará as empresas e investidores citados anteriormente.

3.4. HISTÓRICO DAS PREVISÕES DE PREÇO DE MERCADO DO OURO E AS DIFICULDADES ENVOLVIDAS

É sabido que como qualquer *commodity*, a variação do preço do ouro depende de diversos fatores, o que torna muito difícil a sua previsão exata. Algo que torna esse minério ainda mais especial, como colocado pelo World Gold Council (2009), é o fato que ele possui baixa correlação com a maioria dos produtos financeiros, determinado por fatores únicos e que dificilmente podem ser aproveitados de outros estudos.

Alguns desses fatores particulares em questão são taxas de juros internacionais e coberturas cambiais (Blose, 2010), preço da prata e reservas internacionais de ouro ou ainda taxas de inflação esperadas e preço pago pelos consumidores de mercadorias com ouro (Baur *et al.*, 2016).

Com base nesses fatores, são conhecidos e a cada dia gerados novos métodos que tentam prever a variação do preço futuro do ouro, seja para os investidores do mercado, seja para as empresas que dependem dessas previsões para tomar decisões de operação, como tamanho de produção anual, ou se devem ou não fechamento ou não de uma mina (Blose e Shieh, 1995).

Porém, uma grande limitação das análises é que, como apontam Baur *et al.* (2016), a vasta maioria dos artigos focados estudam o comportamento do ouro em função de uma única variável. Poucos são os trabalhos que estudam diversas variáveis na correlação, para, então, relacioná-las ao efeito na precificação de mercado do ouro.

Outro fator que dificulta muito a análise dos preços e que também deve ser considerado para o ouro é a mudança das variáveis consideradas na determinação de seu preço em função do momento histórico em questão. Exemplo disso é o fato que, enquanto ficou praticamente constante ao longo das décadas de 80 e 90, o ouro teve crescimento acentuado de seu preço a partir dos anos 2000, o que indica que fatores antes pouco considerados passaram a ser relevantes na sua precificação (Baur et al, 2016). A variação citada pode ser visualizada na figura 1.

FIGURA 1: VARIAÇÃO DO PREÇO DO OURO NOS ÚLTIMOS 30 ANOS.



Fonte: Goldprice.org (2018)

Por conta desse comportamento mutável, seria ideal realizar o estudo do ouro levando em conta mais de uma variável, tentando entender como estas se relacionam e influem no preço futuro do mesmo.

Para um entendimento mais completo do tema e eventual refinamento de metodologia de estudo, deve-se comparar os resultados ao longo do tempo e constantemente verificar se os métodos continuam apresentando resultados coerentes, re-aplicando esse estudo, de forma a entender melhor quais variáveis continuam relevantes na análise.

4. METODOLOGIA

Baur *et al.* (2016), afirmam que é possível realizar regressão linear múltipla como forma de tentar prever o preço futuro do ouro, sem especificar quais seriam as melhores variáveis para realizar tal previsão. Como as variáveis tidas como relevantes diferem na literatura, se escolherá e partirá de um conjunto das variáveis citadas anteriormente na revisão bibliográfica, verificando-se o resultado a partir das mesmas.

Nesse estudo parte-se da premissa que ao se utilizar as reservas mundiais de ouro, sua demanda por trimestre e por setor, sua produção por trimestre e por fonte, os preços passados do ouro e duas *commodities* de comportamento semelhante (prata e cobre), se possa prever com média ou alta correlação os valores futuros de preço. As demais variáveis anteriormente citadas neste trabalho serão tidas como marginais na especificação de *commodities*.

Como fonte dos valores utilizados nessa análise, foi tomada a especificação futura de ouro da COMEX – *Commodity Exchange of New York*, a qual também é responsável pela negociação futura de prata e cobre, metais cujos preços também serão utilizados como variável nessa análise preditiva.

Tais dados da COMEX foram obtidos por meio da plataforma do *World Gold Council*, acessada em 2018. Já as informações que tangem ao mercado futuro de prata e cobre foram obtidas por meio do site *Investing*, também acessado em 2018.

Além disso, por ser uma informação relevante para a análise, utilizou-se a base de produção e demanda de ouro. Os dados de menor intervalo encontrados (trimestre a trimestre, WGC) foram os de 2010 – atualidade, o que levou à sua escolha para realização da análise, uma vez que a maior quantidade de dados auxilia na acurácia do modelo. Além disso, foram consultados artigos e informações das plataformas da *Metals Focus*, *Thomson Reuters* e *ICE Benchmark Administration*, todas acessadas em 2018.

Com as informações destas fontes, foi construída a tabela trimestre a trimestre das informações de interesse, que podem ser consultadas na Tabela 4, a seguir:

TABELA 4: DEMANDA, PRODUÇÃO E PREÇO DO OURO

Minas	Produção produtores	Produção Ouro reciclado	Produção Total	Joias	Tecnologia	Total moedas/barras	IF & similares	Bancos centrais	Demanda Total	Adicional/Déficit	Correção	Preço Ouro
											Preço Ouro, USD/tonça	
T1'10	631,1	-11,7	377,1	986,4	550,3	114,3	252,0	31,6	59,7	1.008,0	-11,6	1.109,1
T2'10	672,6	14,8	457,2	1.144,6	422,7	115,0	305,9	298,1	14,2	1.155,8	-11,2	1.196,7
T3'10	726,5	-56,0	384,7	1.055,2	547,9	118,1	317,6	76,6	24,0	1.084,2	-29,0	1.226,8
T4'10	713,9	-55,9	461,4	1.119,4	520,0	113,1	328,2	23,3	-18,8	965,8	153,6	1.366,8
T1'11	662	9,9	361,9	1.033,7	594,8	110,5	396,2	-55,0	142,5	1.188,9	-155,2	1.386,3
T2'11	712,5	18,4	409,5	1.140,4	526,4	112,4	333,5	54,4	69,4	1.096,1	44,3	1.506,1
T3'11	743,9	5,0	463,1	1.212,1	499,2	109,2	418,2	98,6	148,8	1.274,0	-61,9	1.702,1
T4'11	727,2	-10,8	421,3	1.137,7	464,2	96,5	353,0	134,0	120,1	1.167,7	-30,0	1.688,0
T1'12	676,8	-0,4	409,4	1.085,8	550,7	100,6	345,1	74,8	122,5	1.193,7	-107,9	1.690,6
T2'12	718,8	-10,5	410,2	1.118,5	489,5	97,2	293,4	1,2	170,7	1.052,0	66,6	1.609,5
T3'12	757,1	1,3	455,4	1.213,7	543,7	95,2	299,9	142,1	117,8	1.198,6	15,1	1.652,0
T4'12	758,9	-35,7	402,2	1.125,4	546,5	88,4	370,5	87,9	158,3	1.251,7	-126,4	1.721,8
T1'13	697,3	-5,4	354,5	1.046,3	595,9	89,9	442,5	-180,2	170,1	1.118,1	-71,8	1.631,8
T2'13	746,6	-5,8	285,3	1.026,1	800,0	92,9	598,4	-428,7	164,9	1.227,5	-201,4	1.414,8
T3'13	814	-2,1	316,1	1.128,0	688,4	89,6	326,2	-118,9	138,9	1.124,2	3,8	1.326,3
T4'13	813,7	-14,6	299,0	1.098,0	636,7	83,6	359,1	-184,5	150,0	1.044,9	53,2	1.276,2
T1'14	718,7	12,4	375,6	1.106,7	611,3	83,4	292,0	-13,3	117,9	1.091,2	15,5	1.293,1
T2'14	763,2	50,3	275,8	1.089,4	616,1	86,5	247,6	-38,7	157,2	1.068,7	20,7	1.288,4
T3'14	832,6	-8,1	270,5	1.095,0	646,6	89,5	239,8	-40,2	174,9	1.110,6	-15,6	1.281,9
T4'14	835,2	50,4	271,7	1.157,3	652,1	89,3	282,4	-92,0	133,9	1.065,8	91,5	1.201,4
T1'15	739,1	-2,5	353,0	1.089,5	618,2	83,7	265,8	26,2	112,4	1.106,2	-16,7	1.218,5
T2'15	792,3	-15,3	268,2	1.045,2	547,9	83,7	217,5	-21,0	127,3	955,4	89,7	1.192,4
T3'15	851,2	14,3	264,6	1.130,1	668,5	82,9	303,9	-63,8	168,0	1.159,4	-29,3	1.124,3
T4'15	833,4	16,6	243,0	1.093,0	625,5	81,6	299,1	-66,4	168,9	1.108,6	-15,6	1.106,5
T1'16	772,4	51,7	356,7	1.180,8	477,5	76,4	271,2	351,8	104,1	1.281,1	-100,3	1.182,6
T2'16	799	23,9	342,3	1.165,2	449,4	80,1	220,2	224,3	78,4	1.052,4	112,8	1.259,6
T3'16	855,8	-18,4	333,9	1.171,4	510,7	82,6	198,9	144,2	88,8	1.025,2	146,2	1.334,8
T4'16	851,5	-24,6	258,4	1.085,3	561,1	84,4	378,1	-173,4	118,5	968,7	116,6	1.221,6
T1'17	760,3	-15,5	287,3	1.032,1	543,3	78,9	303,4	98,1	82,2	1.105,9	-73,8	1.219,5
T2'17	811,4	-8,2	282,9	1.086,1	541,3	81,5	247,8	62,5	96,4	1.029,4	56,7	1.256,6

Fonte Metais Focus, Thomson Reuters e ICE Benchmark Administration (2018); confecção própria.

Além disso, foi calculado o preço da prata e do cobre no período, pela média ponderada trimestre a trimestre, que segue:

TABELA 5: PREÇOS DA PRATA E COBRE POR TRIMESTRE

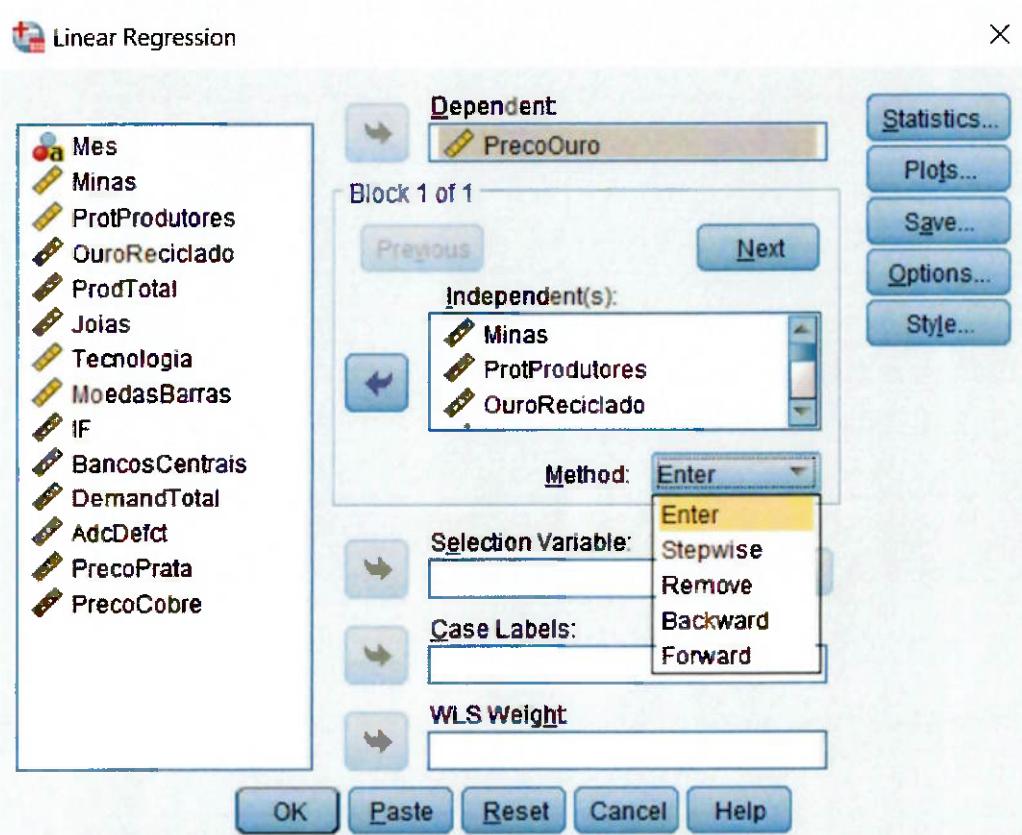
	Preço Prata (USD/Onça Troy)	Preço Cobre (USD/Libra)
T1'10	26.496,7	3.286,7
T2'10	18.564,3	3.123,3
T3'10	19.727,7	3.438,0
T4'10	27.885,0	3.998,0
T1'11	35.229,3	4.409,7
T2'11	40.566,3	4.203,3
T3'11	37.277,3	3.935,3
T4'11	31.647,7	3.541,3
T1'12	30.733,0	3.827,3
T2'12	28.760,0	3.561,7
T3'12	31.260,7	3.549,0
T4'12	31.888,3	3.599,3
T1'13	22.867,0	3.548,7
T2'13	21.941,0	3.175,7
T3'13	21.578,7	3.221,7
T4'13	20.384,0	3.322,7
T1'14	17.813,0	3.168,3
T2'14	19.593,0	3.118,0
T3'14	18.925,7	3.121,3
T4'14	15.710,3	2.919,7
T1'15	15.235,3	2.663,7
T2'15	16.119,7	2.756,3
T3'15	14.612,0	2.350,3
T4'15	14.463,7	2.161,3
T1'16	17.130,7	2.124,7
T2'16	17.447,7	2.190,7
T3'16	19.357,7	2.164,0
T4'16	16.701,3	2.440,0
T1'17	17.254,3	2.690,7
T2'17	17.042,3	2.624,0

Fonte: Elaboração própria

Para construção das bases de dado supracitadas, trimestre a trimestre, foi utilizado o programa Alteryx Designer 11.0, sendo a formatação das tabelas posteriormente efetuada no Excel.

Para a realização das regressões lineares múltiplas, utilizou-se o software SPSS, da IBM, o qual adiciona a possibilidade de realizar as regressões por mais de um método, como pode ser visto na Figura 2.

FIGURA 2: MÉTODOS DE REGRESSÃO LINEAR NO SPSS



Fonte: SPSS (IBM)

O método *Stepwise* efetua a regressão buscando somente fatores cuja variabilidade influencia fortemente o preço do ouro. Já o método *Enter* força todas as variáveis na regressão, de modo a construir a previsão. Por se tratarem de poucas variáveis, será utilizado o método *Enter* na análise.

A base construída com as informações de preço médio nas três commodities, da demanda e sua evolução e da produção de ouro e por fim da evolução da

demandas do mesmo foram utilizadas para a regressão linear múltipla no SPSS (*time based*) no período.

A análise *time based* funciona de modo a não somente encontrar a relevância das demais variáveis no modelo preditivo, mas também encontrar quaisquer correlações temporais que estas possam ter. Um exemplo disso seria um aumento da produção em minas hoje impactar a previsão futura, a diminuindo, mas com um atraso de 5 anos.

A fórmula da Correlação de Pearson se caracteriza pela covariância de X e Y dividida pela raiz de suas variâncias multiplicadas, como pode ser observado na fórmula que segue.

$$\rho = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} = \frac{\text{cov}(X, Y)}{\sqrt{\text{var}(X) \cdot \text{var}(Y)}}$$

Onde se tem os termos:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i \quad \bar{y} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n y_i$$

que correspondem às médias aritméticas de X e Y, respectivamente.

Dessa forma, aplicando a fórmula aos dados, alcançamos o seguinte resultado de correlação, como mostrado na tabela 6.

TABELA 6: CORRELAÇÃO DO PREÇO DE OURO COM AS VARIÁVEIS DE INTERESSE

	Correlação com preço ouro
Minas	-0,359923267
Proteção produtores	-0,186153756
Ouro reciclado	0,611242902
Produção Total	0,252298965
Joias	-0,1945267
Tecnologia	0,27966011
Total moedas/barras	0,456488003
IF & similares	0,034829715
Bancos centrais	0,253840238
Demanda Total	0,456201652
Adicional/Déficit	-0,293993251
Preço Prata (USD/Onça Troy)	0,773129848
Preço Cobre (USD/Libra)	0,654396087

Fonte: Análise SPSS (autoria própria)

Dentre os itens da correlação, as minas, proteção de produtores e ouro reciclado se referem à produção do ouro, enquanto joias, tecnologia, moedas, barras, índices futuros & similares e bancos centrais se referem à demanda do ouro.

É importante mencionar que os estoques por país não possuem atualização trimestral como os demais dados, e foram desconsiderados da análise. A evolução da diferença entre produção e demanda entra como substituta, representada por adicional/déficit, e serve para demonstrar a correlação do preço futuro do ouro com eventuais estoques ou faltas de modo geral.

O resultado nos indica que há uma forte correlação entre os preços de ouro com os de prata e cobre, e uma média correlação do mesmo com a demanda total de ouro, a produção de ouro reciclado e a demanda por moedas e barras ao redor do mundo. Há uma curiosa correlação entre preço de ouro e produção de ouro reciclado, o que reforça o fato que correlação não indica causa e efeito.

TABELA 7: CORRELAÇÃO DO PREÇO DE OURO COM AS DEMAIS VARIÁVEIS DE ESTUDO

Model		Coefficients ^a		Standardized Coefficients		
		B	Std. Error	Beta	t	Sig.
1	(Constant)	493,996	480,657		1,028	,315
	Minas	-.811	,516	-.280	-1,571	,130
	ProtProdutores	-2,255	,737	-.304	-3,061	,006
	ProdTotal	1,365	,507	,388	2,691	,013
	Joias	-.579	,319	-.237	-1,815	,083
	Tecnologia	-7,163	2,331	-.471	-3,072	,005
	MoedasBarras	,533	,278	,223	1,914	,068
	BancosCentrais	1,207	,500	,306	2,415	,024
	DemandTotal	,027	,256	,013	,107	,916
	PrecoPrata	,007	,005	,276	1,522	,142
	PrecoCobre	,147	,054	,468	2,707	,013

a Dependent Variable: PrecoOuro

Fonte: Análise SPSS (autoria própria)

Dessa forma, por se ter uma ou mais variáveis cuja correlação é relevante, conseguimos seguir para o cálculo via regressão linear múltipla.

É importante citar que a análise será realizada a princípio sem se levar em conta o preço futuro da prata e do cobre, uma vez que esses preços passam por processo de previsão semelhante ao do ouro, e acabariam por influenciar a análise a depender de quão eficientes foram os métodos preditivos utilizados no cálculo dos mesmos.

Uma vez tratadas as bases, e obtidas as equações de regressão, se deve comparar os resultados teóricos com os efetuados para os quatro trimestres subsequentes, avaliando-se a acurácia da regressão pelo método *WMAPE*.

O método *WMAPE* é muito utilizado em análises preditivas, e visa comparar resultados reais ocorridos em um determinado período, com os valores previstos por quaisquer métodos, no mesmo período de previsão.

$$\frac{\sum \frac{|A-F|}{A} \times 100 \times A}{\sum A}$$

Na fórmula do WMAPE, “A” representa o valor ocorrido de fato, e “F” representa o valor futuro previsto via método preditivo.

A taxa WMAPE absoluta é tida como boa quando é menor que 25%, média até 50% e classificada como ruim acima dessa porcentagem.

Por fim, prevendo para os próximos 12 meses e efetuando a análise do WMAPE do período, pudemos observar o seguinte resultado:

TABELA 8: CÁLCULO WMAPE

	T3'17	T4'17	T1'18	T2'18
Minas	811,4176582	850,355649	883,1529885	793,9718045
Proteção produtores	-8,217578843	8,488759472	-10,42855493	32,19724728
Ouro reciclado	282,9110518	319,0562263	278,4652343	280,6270769
Produção Total	1086,111131	1177,900635	1151,189668	1106,796129
Joias	541,3007196	525,0589587	617,1185172	521,8696349
Tecnologia	81,47268149	84,30009183	88,46960034	82,09649108
Total moedas/barras	247,7599483	232,4385075	258,4010862	261,5129185
IF & similares	62,51402196	13,20741535	32,51209311	27,12957316
Bancos centrais	96,39504553	121,7872638	74,3743548	103,9286788
Demandra Total	1029,442417	976,7922371	1070,875652	996,5372964
Adicional/Déficit	56,66871423	201,1083976	80,31401625	110,2588323
Preço Ouro Realizado	1256,59	1277,1	1275,42	1329,28
Preço Ouro Previsto	1957,4	1832,2	1854,3	2000,8
MAPE	56%	43%	45%	51%
WMAPE	49%			

Fonte: Elaboração própria

Tal análise se conclui uma taxa WMAPE de 49%, o que embora apareça na literatura como uma taxa mediana, fica bem abaixo de outros métodos preditivos.

	T3'17	T4'17	T1'18	T2'18
Preço Prata (USD/Onça Troy)	17042,33333	16945,66667	16695,66667	16223
Preço Cobre (USD/Libra)	2624	2968,333333	3136,333333	3103,333333

Caso a análise fosse refeita com os preços da prata e do cobre futuros sendo levados em consideração, como citado anteriormente, essa assertividade subiria para uma taxa WMAPE de 13%, o que melhoraria muito o método de previsão.

Ainda assim, seria incorreto fazê-lo, uma vez que tais preços não são conhecidos até que se chegue ao trimestre efetivo de cálculo, e utilizar a previsão destes preços vincularia a análise à algum outro método preditivo, a depender da fonte dos dados, agregando sua respectiva incerteza à metodologia.

5. CONCLUSÃO

Pode-se concluir que ainda que se tenha chegado a uma escala WMAPE boa quando se utiliza os preços de prata e cobre futuros, pela escala de precisão do método, a regressão linear múltipla nas variáveis sugeridas não possui assertividade suficiente para previsão futura do preço do ouro. Isso se justifica pelo fato de que sem utilizar informações futuras dos preços de prata e cobre, a taxa WMAPE da mesma cai abruptamente.

Isso pode se dar pela simplicidade do método, que tenta aproximar o comportamento da precificação do ouro de uma curva olhando apenas para dados passados, obtendo pouca robustez e acurácia se comparada a metodologias como as Redes Neurais – Método GARCH, proposto por Kristjanpoller e Minutolo, 2015, que chega a uma taxa WMAPE de 12% sem utilizar informações futuras.

É importante considerar que uma parte da dificuldade se justifica pelo fato que quando se trata de um mercado suscetível a especulação, os movimentos de mercado podem ser motivados por atitudes que visam fugir à lógica, de modo a se obter lucro na imprevisibilidade no curto prazo.

Além disso, ainda que os preços passados possam guiar a análise preditiva, já foi apontado por Reboredo e Ugolini (2017), que dados históricos podem ser pouco representativos em algumas situações. Outros motivos mais específicos podem ser sugeridos para alguns períodos da história, como a dificuldade de se realizar análises em períodos cuja complexidade do sistema esteja elevada, Dompieri (2014), conceito que pode explicar para algumas épocas a dificuldade de se ter taxas WMAPE menores que 10% nos estudos de precificação do ouro.

Apesar de não alcançar uma taxa WMAPE melhor que outros métodos encontrados, o estudo permitiu compreender e discutir quais os principais drivers das commodities, e discutir quais variáveis parecem impactar de forma relevante a precificação futura do ouro.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Areal, N., Oliveira, B., Sampaio, R., **When times get tough, gold is golden.** Eur. Financ. 21, (2013), p. 507–526.

Aye G. C., Gupta, R., Hammoudeh, S., & Kim, W.J. **Forecasting the price of gold using dynamic model averaging.** International Review of Financial Analysis, 41, Australia, (2015) p. 257-266.

Baur D.G., **Gold mining companies and the price of gold.** Review of Financial Economics 23, Australia, (01 ago. 2014) p. 174-181.

Baur D.G. et al.; **A melting pot - Gold price forecasts under model and parameter uncertainty.** International Review of Financial Analysis. 48, Australia, (29 out. 2016) p. 282-291.

Blose, L. E., Shieh, J.C.P., **The impact of gold price on the value of gold mining stock.** Rev. Financ. Econ. V4, nº2, Australia, (1995) p. 125-139

Blose L. E., **Gold prices, cost of carry, and expected inflation.** Journal of Economics and Business 62, (2010), Austrália, p. 35-47.

Dompieri, M., **Análise de complexidade aplicada à antecipação de crises no mercado de bens minerais.** Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014, 160p.

International Exchange, 2018. **ICE Benchmark Administration.** <https://www.theice.com/iba>. ICE Benchmark Administration.

KRISTJANPOLLER, Werner; MINUTOLO, Marcel C. Gold price volatility: **A forecasting approach using the Artificial Neural Network–GARCH model.** Expert Systems with Applications, v. 42, n. 20, p. 7245-7251, 2015.

McDonald, J.G., Solnick, B.H., **Valuationandstrategy for gold stocks.** J. Portf. Manag. 3, 2017, p. 29–33

Metals Focus, 2018. **Services and Reports.** <https://www.metalsfocus.com/>. Metals Focus.

Raftery, A. E. **Bayesian model selection in social research.** Sociological Methodology, 25, (1995) p.111-163.

Reboredo J.C., Ugolini A., **Quantile causality between gold commodity and gold stock prices**. Resources Policy 53, Espanha, (2017), p. 56-63.

S. Shaflee, E. Topal, **An overview of global gold market and gold price forecasting**. Resources Policy 35, (2010) p. 178-189.

Site CME Group: <https://www.cmegroup.com/pt/products/metals/gold.html>
- Acessado em 05 set. 2018.

Site Goldprice: <https://goldprice.org/pt/gold-price-chart.html> - Acessado em 02 jun. 2018.

Site Investing: <https://www.investing.com/commodities> - Acessado em 10 ago. 2018.

Thomson Reuters, 2018. **Publications** **Archive**.
<https://www.thomsonreuters.com/en.html>. Thomson Reuters.

WAGNER, L. **Economic drivers of mineral supply**. Reston: U.S. Dept. of the Interior, U.S. Geological Survey, 2003.

WGC, 2009. **Gold investment digest**. www.gold.org. World Gold Council.

WGC, 2018. **World Gold Council Publications Archive**. www.gold.org. World Gold Council.