

Análise dos Impactos dos Acidentes Ambientais de Mariana e Brumadinho nas Ações da Mineradora Vale

1. Introdução: Problema de Pesquisa e Objetivos

Nas últimas décadas, diversos acidentes ambientais aconteceram no Brasil e no mundo. Dentre eles, citam-se o rompimento da barragem de São Francisco em 2007, controlada pela antiga Mineração Rio Pomba Cataguases, em Mirai/MG (G1, 2015), que despejou 2 bilhões de litros de lama; a explosão da sonda petrolífera *Deepwater Horizon*, operada pela BP no Golfo do México, em 2010 (VARELA E MILONE, 2014), que matou 11 pessoas e foi o pior vazamento da indústria de petróleo; e o vazamento de milhares de barris de petróleo durante a operação da estadunidense Chevron, na Bacia de Campos/RJ, em 2011 (CBN, 2016), que espalhou 3 mil barris de petróleo. Além destes, há os acidentes envolvendo as barragens da Vale S.A. em Mariana e Brumadinho.

No dia 5 de novembro de 2015, no distrito de Bento Rodrigues, município de Mariana, Minas Gerais, a barragem de Fundão da mineradora Samarco S.A., controlada pelas empresas Vale S.A. e BHP Billiton, rompeu-se e causou o vazamento de cerca de 60 milhões de m³ de lama de rejeitos industriais (ARAÚJO; SOARES; ABREU, 2018). Esse incidente ocasionou a morte de 19 pessoas, além de prejudicar cursos de água, terras agricultáveis, atividades econômicas e a biodiversidade do Parque Estadual do Rio Doce, transformando-se, na época, como um dos maiores acidentes ambientais do Brasil e do mundo.

Um pouco depois de 3 anos, no dia 25 de janeiro de 2019, a barragem 1 da Mina do Córrego do Feijão, da mineradora Vale S.A., localizada na cidade de Brumadinho, região metropolitana de Minas Gerais, também rompeu-se e despejou no meio ambiente cerca de 13 milhões de metros cúbicos de rejeitos de mineração (BARCELLOS, *et. al*, 2019). Esse acidente também foi considerado um dos maiores acidentes ambientais do mundo, além de ser o maior acidente de trabalho já registrado no Brasil, ocasionando mais de 250 mortes e destruindo a fauna e a flora de áreas as quais foram afetadas pelo rompimento na cidade, que aportava parte do bioma da Mata Atlântica (VIEZORKESKY, *et. al*, 2020). Após esta tragédia, a Vale S.A. foi punida com uma multa aplicada pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente (IBAMA) no valor de R\$250 milhões, além de sofrer ações na justiça de bloqueio de recursos (FORBES, 2019).

Segundo Nogueira e Angotti (2011), a sociedade tem culpado as indústrias pela maior parte da degradação do meio ambiente e, por isso, passou a cobrar delas uma maior responsabilidade ambiental. Ainda de acordo com os autores, a reputação das empresas passou a ser vista como o ativo de maior importância.

É certo que acidentes dessas magnitudes impactam em diversas áreas presentes na sociedade e um enfoque relevante que deve ser interpretado é o econômico/financeiro. Como os municípios de Mariana e Brumadinho dependem muito da indústria da mineração, os desastres não só envolvem a lama de rejeitos que atingiram o ecossistema, mas também as perdas de receitas arrecadadas, que se reflete na capacidade de oferta dos serviços essenciais (BARCELLOS, *et al.*, 2019). Portanto, percebe-se que, além das mortes causadas pelos desastres, há também consequências externas ao local em que sofreu tal evento. Um exemplo dentro deste universo de áreas afetadas é o relevante impacto de desastres ambientais no mercado financeiro, ou seja, como este evento afeta o cenário econômico/financeiro no

mercado de capitais do país em que ocorreu a tragédia e os preços das ações das empresas envolvidas.

Nesse contexto, o objetivo principal do trabalho consiste em analisar a reação dos preços das ações da mineradora Vale S.A. após as ocorrências de duas das maiores tragédias ambientais do país. Mais especificamente, o estudo pretende averiguar a resposta do mercado de capitais depois da divulgação dos desastres de Mariana (2015) e de Brumadinho (2019).

Como primeiro objetivo intermediário, busca-se verificar como a companhia divulgou as duas ocorrências (notas de Fato Relevante, a maneira em que os acidentes foram divulgados na Comissão de Valores Mobiliários (CVM) e como detalhou os acidentes nas suas demonstrações contábeis trimestrais e anuais). Como segundo objetivo intermediário, o estudo pretende analisar se existe ou não um padrão de reação de mercado nas situações de acidentes ambientais.

A pesquisa se justifica pela necessidade de atualização da literatura sobre o tema, visto que os eventos são recentes e não foram alvos de estudos nessa abordagem conjunta. Além disso, contribui para a literatura da área financeira e de responsabilidade social corporativa.

Por meio de estudo de eventos, busca-se avaliar a resposta dos investidores do mercado de capitais brasileiro às tragédias. Para isso, averigua o retorno das ações nos períodos de 200 dias e de 100 dias antes e depois dos rompimentos da barragem de Fundão, em Mariana, e da barragem 1 da Mina do Córrego do Feijão, em Brumadinho. Isso permite entender as reações dos tomadores de decisão do mercado de capitais a incorporarem (ou não) questões éticas e ambientais em seus modelos de negócio (ARAUJO; SOARES; ABREU, 2018).

Na próxima seção do estudo será apresentada a revisão de literatura, abordando a teoria da Hipótese do Mercado Eficiente e a informação contábil, seguido de uma análise dos efeitos das crises ambientais no mercado. Após essa seção, a metodologia tratará de descrever o modelo econométrico usado no estudo de eventos, seguindo para a análise dos resultados dos impactos dos acidentes no mercado de capitais brasileiro. Por fim, o artigo revelará e analisará seus efeitos, bem como a observação da maneira de divulgação e se há um padrão de reação do mercado aos acidentes.

2. Revisão da Literatura

2.1. Hipótese do Mercado Eficiente e a Informação Contábil

Segundo Fama (1970), os mercados de capitais são fundamentais para o desenvolvimento econômico de um país por alocar recursos disponíveis para investimento. Além disso, fornecem sinais importantes à formação dos preços dos títulos, que devem refletir as informações existentes no sistema econômico a qualquer tempo. Nobrega (2000) adiciona que o mercado financeiro também é importante por permitir a aproximação de dois agentes: o poupador, que possui excesso de recursos; e o tomador, que está na situação inversa. Dessa maneira, os investidores demandam informações que possibilitam a avaliação, o monitoramento e a consideração do desempenho de cada ativo adquirido nesse mercado (NOGUEIRA; ANGOTTI, 2011).

Acerca da sua eficiência, o mercado apresenta três graus e classificações possíveis: a fraca, a semiforte e a forte (TAKAMATSU; LAMOUNIER; COLAUTO, 2008). O mercado é eficiente na forma fraca quando incorpora completamente nos preços presentes as informações sobre os preços passados dos títulos (NOGUEIRA; ANGOTTI, 2011). Fama

(1970) defende que o pressuposto fundamental da forma de eficiência fraca é que os retornos esperados em condições de equilíbrio são formados a partir do conjunto de informações disponíveis, que está integralmente refletido nos preços.

Na forma semiforte somente as informações disponíveis publicamente estarão refletidas no preço presente dos títulos (NOGUEIRA; ANGOTTI, 2011). As informações públicas são aquelas que se tornam conhecidas ao mesmo tempo que afetam o preço, ou seja, o afetam antes que alguém possa negociá-las (FRENCH; ROLL, 1986). Já na sua forma forte, a Hipótese de Mercado Eficiente (HME) indica que os preços refletem todas as informações existentes no mercado, inclusive informações privadas ou privilegiadas (NOGUEIRA; ANGOTTI, 2011; CASTRO; MARQUES, 2013).

Além da teoria, Fama (1970) também apresentou como devem ser os testes para identificar a eficiência dos mercados. Para testar a sua forma fraca, os testes procuram avaliar o quão bem os retornos passados predizem retornos futuros. Caso se encontre um padrão de comportamento, esquemas de investimento ou correlação dos preços com qualquer variável, considera-se que o mercado possui eficiência na sua forma fraca. Fama (1991) denominou este teste como teste da previsibilidade dos retornos (FORTI; PEIXOTO; SANTIAGO, 2009).

Para a forma semiforte, os testes buscam a velocidade com que os preços dos ativos refletem informações públicas. Quanto mais rápido for o ajuste de preços, mais eficiente é o mercado, pois este oferece menos oportunidade de se obterem lucros anormais consequentes da informação. Fama (1991) nomeou esse teste como estudo de eventos (FORTI; PEIXOTO; SANTIAGO, 2009).

Por fim, para a forma forte, Forti, Peixoto e Santiago (2009) entendem que os testes desse tipo de eficiência procuram detectar a posse por parte de algum investidor ou *insider* de informação privilegiada que não está refletida nos preços, e se eles poderiam se beneficiar de tal informação, obtendo lucros anormais. Esse teste levou o nome de teste de informações privadas.

Posteriormente, Fama (1991) decidiu aperfeiçoar sua teoria da Hipótese de Mercado Eficiente. Para ele, um mercado é considerado eficiente quando os preços refletem a informação disponível até o ponto em que o benefício gerado com essa informação supera o custo de sua obtenção. Além disso, o autor ainda defende que, apesar de ser difícil de ocorrer a definição estabelecida por ele em 1970, tem a vantagem de construir o padrão de comparação para determinar o grau de eficiência dos vários mercados (ROMACHO; CIDRAIS, 2007).

De acordo com Cardoso e Martins (2008), a forma semiforte é considerada como a forma de eficiência de mercado mais próxima da realidade, uma vez que existem muitos estudos que confirmam essa hipótese. Um deles é o de Forti, Peixoto e Santiago (2009) que compilaram dados provenientes dos principais congressos nacionais da área financeira com o objetivo de identificar se os autores dos trabalhos aceitam ou rejeitam as formas fraca, semiforte e forte da HME. Como resultado, a pesquisa revelou que 42% dos trabalhos aceitam, enquanto 58% rejeitam a forma fraca da HME. 100% dos trabalhos rejeitam a forma forte da HME, mas, por outro lado, 100% dos trabalhos aceitam a forma semiforte da HME, corroborando a afirmação de Cardoso e Martins (2008).

A Hipótese de Mercado Eficiente está baseada na afirmação de que o preço de uma ação reflete as informações disponíveis a respeito da empresa que a emitiu e novas informações alterarão sua cotação (MARQUES; CASTRO, 2013). Os autores ainda realizaram um estudo sobre a eficiência do mercado brasileiro e o impacto de divulgações das informações

contábeis nos preços das ações das empresas. Por meio de um estudo de eventos, considerando a data de divulgação das demonstrações financeiras, os autores chegaram à conclusão de que os resultados reforçaram a hipótese da eficiência do mercado na sua forma semiforte. Essa conclusão se deu porque as demonstrações contábeis em sua maioria não afetaram de forma significativa os preços dos títulos comercializados na bolsa de valores brasileira.

Lopes (2002) defende que a *information approach* (abordagem da informação) concebe à contabilidade o seu papel de fornecedora de informações para os agentes econômicos. Portanto, torna-se evidente que, com o passar dos anos, a contabilidade passou a exercer uma função de informar não só os administradores e credores, mas também os acionistas e investidores interessados em aplicar seus recursos na companhia no mercado financeiro, utilizando os demonstrativos que a empresa divulga.

Hendriksen e Van Breda (1999) expõem que a divulgação financeira tem como objetivo fornecer informação útil para a tomada de decisões dos investidores. Segundo os autores, “a divulgação feita na publicação de informações financeiras pode ser definida como sendo a apresentação necessária para o funcionamento ótimo de mercados eficientes de capitais” (HENDRIKSEN; VAN BREDA, 1999, p.511). Seguindo essa linha de raciocínio, Yamamoto e Salotti (2006) defendem também que a informação contábil deve ser eficiente para ajudar a tomada de decisão dos seus usuários, e precisa possuir características qualitativas que os permita avaliar a alocação de seus recursos financeiros. Para que a informação seja eficiente, ela deve estar inserida em um mercado também eficiente, cuja definição é explicada pela HME. Segundo Camargos e Barbosa (2003), um mercado de capitais eficiente pressupõe que as informações atendam às exigências legais e às expectativas dos seus participantes, para que uma nova informação seja absorvida de maneira rápida, com o consequente ajuste nos preços dos títulos.

Alves e Borba (2009) estudaram a relevância da informação ambiental para a tomada de decisão de investimento em uma companhia. Através de uma pesquisa qualitativa, 10 dos participantes afirmaram que a informação contábil ambiental é altamente relevante na hora de tomar uma decisão de investimento. Além disso, 3 apontaram as informações ambientais como as segundas mais relevantes. Nogueira e Angotti (2011), acrescentam que “os impactos ambientais geram repercussões que abalam a confiança dos investidores, acionistas, consumidores e outros grupos sociais, acarretando prejuízos às empresas” (NOGUEIRA; ANGOTTI, p.70, 2011).

2.2. Efeitos das Crises Ambientais no Mercado

Diversos estudos foram realizados analisando os efeitos de acidentes ambientais relevantes ocorridos no mundo. Nogueira e Angotti (2011) buscaram identificar a reação do mercado de capitais, por meio da variação dos retornos de ações, frente à divulgação de vazamentos de petróleo de companhias do setor petrolífero. Os autores selecionaram 30 eventos de 4 empresas do setor petrolífero: Petrobrás, British Petroleum, Chevron e Shell, entre os anos de 2000 e 2010. A metodologia utilizada pelos autores para avaliar o impacto nos preços das ações das indústrias petrolíferas após o anúncio de acidentes ambientais foi o estudo de eventos. Para a estimação da janela de evento, os autores estabeleceram 11 dias, sendo os 5 primeiros dias anteriores aos acidentes e os 5 dias posteriores aos mesmos. O resultado evidenciou que os eventos ambientais possuem impacto no valor das empresas, porém a

informação sobre um vazamento de óleo demora alguns dias para ter reflexo no preço das ações.

A fim de avaliar a reação dos *stakeholders* governo e acionistas em relação ao acidente de vazamento de petróleo no Golfo do México, envolvendo a British Petroleum em 2010, Varela e Milone (2014) verificaram como riscos ambientais de operações malsucedidas podem onerar as empresas, tanto em termos financeiros, como de desvalorizações de ações. Para isso, o método utilizado pelos autores foi o de estudo de caso único, levantando a discussão sobre a teoria dos *stakeholders*, descrevendo o acidente, coletando dados sobre os efeitos da tragédia e verificando quais foram os impactos da atuação dos *stakeholders* envolvidos para a BP. Como resultado, encontraram que a BP chegou a perder 55% de seu valor de mercado em relação ao seu valor na data do acidente. Ademais, por meio de uma análise estatística, concluíram que a recuperação total das ações da BP se daria em torno de 7 anos. Por fim, os autores complementam que “ignorar os riscos socioambientais envolvidos nas operações pode ter efeitos imprevisíveis” (VARELA; MILONE, 2014, p. 14).

Em se tratando de acidentes em que a empresa Vale S.A. estava envolvida, Araujo, Soares e Abreu (2018) analisaram as reações dos mercados de capitais brasileiro e australiano após o acidente ambiental da mineradora Samarco, *joint venture* dividida entre a Vale e BHP Billiton. Após coletarem os dados selecionados das empresas, que possuíam ações listadas nas bolsas brasileira e australiana, os autores realizaram um estudo de eventos, considerando 200 dias antes e 200 dias após o acidente. Além disso, os autores calcularam o risco sistemático (beta) para avaliar as variações do retorno das ações das empresas. Como resultado, encontraram que, nos primeiros dias após o acidente, as ações da Vale sofreram perdas, e logo em seguida, após 10 dias, o mercado brasileiro como um todo foi afetado. Entretanto, após 60 dias do acidente o efeito de instabilidade no preço da ação não foi mais sentido. Por sua vez, no mercado australiano, o efeito se tornou significativo somente após 50 dias (ARAÚJO; SOARES; ABREU, 2018).

Ainda sobre a Vale, Souza *et al* (2019) tiveram como objetivo em seu trabalho verificar qual o impacto do rompimento da barragem de Brumadinho nas ações das empresas ligadas ao mercado de mineração negociadas na Bovespa (atual BBB) e verificar de que maneira isso se relaciona às hipóteses de mercado. Para isso, usaram da técnica de estudo de eventos e consideraram uma janela de eventos de 51 dias (sendo 25 dias anteriores ao acidente, e 25 dias posteriores ao acidente). Como resultado, eles verificaram que, com uma significância estatística considerável, o rompimento da barragem de Brumadinho influenciou negativamente o preço das ações das companhias analisadas. Segundo o estudo, as ações da Vale caíram cerca de 25% no dia do evento, mas esse preço manteve-se estável até o fim da janela.

Relacionado ainda ao acidente de Brumadinho, Viezorkesky *et al* (2020) estabeleceram, como objetivo de pesquisa, a análise da reação dos preços das ações da mineradora Vale após o acidente da Barragem de Brumadinho, além de observarem o impacto deste evento no mercado de mineração americano. No estudo de eventos, a janela de tempo foi estabelecida em 200 dias anteriores e 200 dias posteriores à data do evento. Como resultado, os autores verificaram que o acidente impactou negativamente nos preços das ações Vale S.A., com uma queda de 24,52% no primeiro dia útil após o evento e redução de 11,02% na média de preços comparado ao mesmo período anterior. No mercado americano, os autores chegaram à conclusão de que o acidente não afetou o mercado de mineração americano, tendo apenas 3 empresas das 11 selecionadas com queda nos retornos diários nos 200 dias posteriores ao acidente.

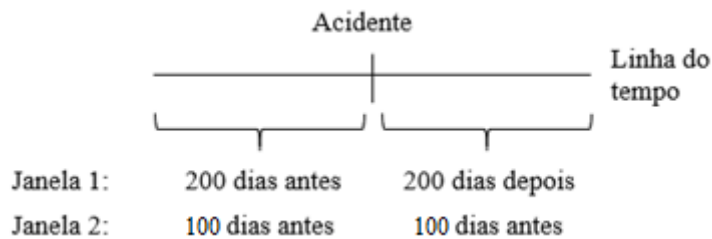
3. Metodologia

Para analisar os efeitos dos acidentes de Mariana e Brumadinho, a técnica escolhida também foi Estudo de Eventos. Este método consiste na verificação dos impactos de algum evento específico na variável de interesse. Nesse caso, o interesse recai em estudar a influência dos desastres ambientais no valor das cotações das ações ordinárias da Vale, descontando a variação normal do mercado. O pressuposto preliminar é que, de fato, os eventos influenciaram negativamente os papéis da mineradora.

De acordo com Camargos e Barbosa (2003), a técnica de estudo de evento é utilizada para mensurar o efeito da divulgação de informações específicas de determinada entidade sobre o preço de suas ações. Ao se supor que o mercado seja eficiente, um evento terá reflexo imediato nos preços (CAMPBELL; LO; MACKINLAY, 1997).

Além da determinação do evento em si, é importante escolher uma janela temporal (Magness, 2008). Esta janela consiste em um período antes do evento, em que a variável de interesse não é afetada, e depois do evento (período em que a variável de interesse sofre os efeitos do evento em questão). Para este estudo, são consideradas duas janelas distintas para cada um dos eventos. A primeira janela consiste em um período de 200 dias antes e 200 dias após os eventos. Já a segunda janela consiste em um período menor, caracterizado por 100 dias antes e após os eventos. A janela de 200 dias foi utilizada conforme literatura já existente (VIEZORKESKY *et al*, 2020; ARAÚJO *et al*, 2018). A janela de 100 dias buscou encontrar um valor intermediário entre os 200 dias e 25 dias (trabalho de SOUZA *et al*, 2019). Vale acrescentar também que não existe metodologia para definir concretamente o tamanho de uma janela, ficando a cargo dos pesquisadores. Em termos esquemáticos, a Figura 1 ilustra as janelas e o evento.

Figura 1: Janelas utilizadas



Fonte: Elaboração própria

A Equação (1), a seguir, será utilizada para a estimação dos 4 modelos, sendo um com a janela maior e outro com a menor para cada um dos desastres de Mariana e Brumadinho.

$$Vale_t = \beta_0 + \beta_1 Ibovespa_t + \beta_2 Acidente_t + \beta_3 (Ibov.Ac)_t + \varepsilon_t \quad (1)$$

Onde: o subscrito t se refere ao tempo, em dias; $Vale$ é o retorno, em termos percentuais, das ações da Vale (VALE3); $Ibovespa$ é o retorno, em termos percentuais do índice Ibovespa;

Acidente é uma variável binária (*dummy*), que assume valor 1 para o dia do evento em diante e 0, caso contrário (esta variável permitirá capturar a parte do retorno total que é atribuído a uma mudança do beta no momento do acidente); *Ibov.Ac* é uma variável que mede a interação entre os retornos do índice Ibovespa após o evento; β 's são os parâmetros a serem estimados; e ε é o termo de erro aleatório.

É importante frisar que para ambas as variáveis de retorno (*Vale* e *Ibovespa*), foi considerada a seguinte notação:

$$\frac{(x_t - x_{t-1})}{x_t}$$

Para a estimação dos parâmetros β , será utilizada a metodologia de Mínimos Quadrados Ordinários (MQO). Como hipótese preliminar, espera-se que os retornos das ações da Vale sejam menores após os acidentes. Em termos práticos, espera-se que $\beta_3 < \beta_1$. Para teste de hipótese, será considerado o teste t de Student. Todos os procedimentos mencionados serão feitos através do software Stata14®.

Vale frisar que é necessário comprovar a estacionariedade das variáveis antes da estimação. Para isso, serão aplicados testes ADF de Dickey-Fuller. Em seguida, deve-se verificar se, após feitas as estimações, há presença de autocorrelação e heterocedasticidade através dos testes de Durbin-Watson e Breusch-Pagan, respectivamente. Se constatada a presença de pelo menos um dos problemas, o modelo deve ser reestimado considerando medidas corretivas.

4. Resultados

4.1. Divulgação dos Acidentes Ambientais pela Companhia

Uma das finalidades do trabalho foi analisar as formas de divulgação por parte da mineradora Vale S.A. acerca dos acidentes ambientais de Mariana e Brumadinho. Para isso, foram coletados dados na seção de relação com investidores no site da própria mineradora, no site da Comissão de Valores Mobiliários (CVM), e em diversos portais jornalísticos na internet.

Em se tratando da divulgação do acidente de Mariana, a Vale publicou, ainda no ano de 2015, 3 Fatos Relevantes sobre o assunto, sendo um para tratar do impacto do acidente na produção, um apenas para convocar conferências com analistas e investidores para discutirem o acidente, e, por último, um para comunicar sobre uma ação civil pública em que foi citada, juntamente com a Samarco e a BHP Billiton, com pedido para pagamento de indenização chegando a R\$20 bilhões. Além disso, a mineradora ainda publicou sobre o acidente na sua demonstração financeira do 4º trimestre de 2015, destacando-o como um “Evento Relevante”. No tópico, a mineradora detalhou o caso trazendo quatro abordagens, sendo elas: (a) Impactos contábeis no investimento decorrente do rompimento da barragem; (b) Remediação socioambiental; (c) Contingências; e (d) Seguros. A CVM publicou diversas matérias sobre o acidente em seu site, sendo importante frisar também que o caso foi manchete dos principais jornais do país na época, o que justifica sua relevância para a sociedade.

No âmbito da divulgação ao mercado sobre o acidente de Brumadinho, uma diferença notável é a quantidade de comunicados que a Vale preparou em relação ao acidente de Mariana, sendo o número muito maior no segundo acidente. Isso pode ter sido influenciado pelo fato de a Vale deter o controle total da barragem, e, assim, ter uma responsabilidade maior em comunicar o mercado e seus investidores. Esses comunicados variam desde informativos sobre o acidente em si, expondo os números de vítimas do acidente, até o andamento de

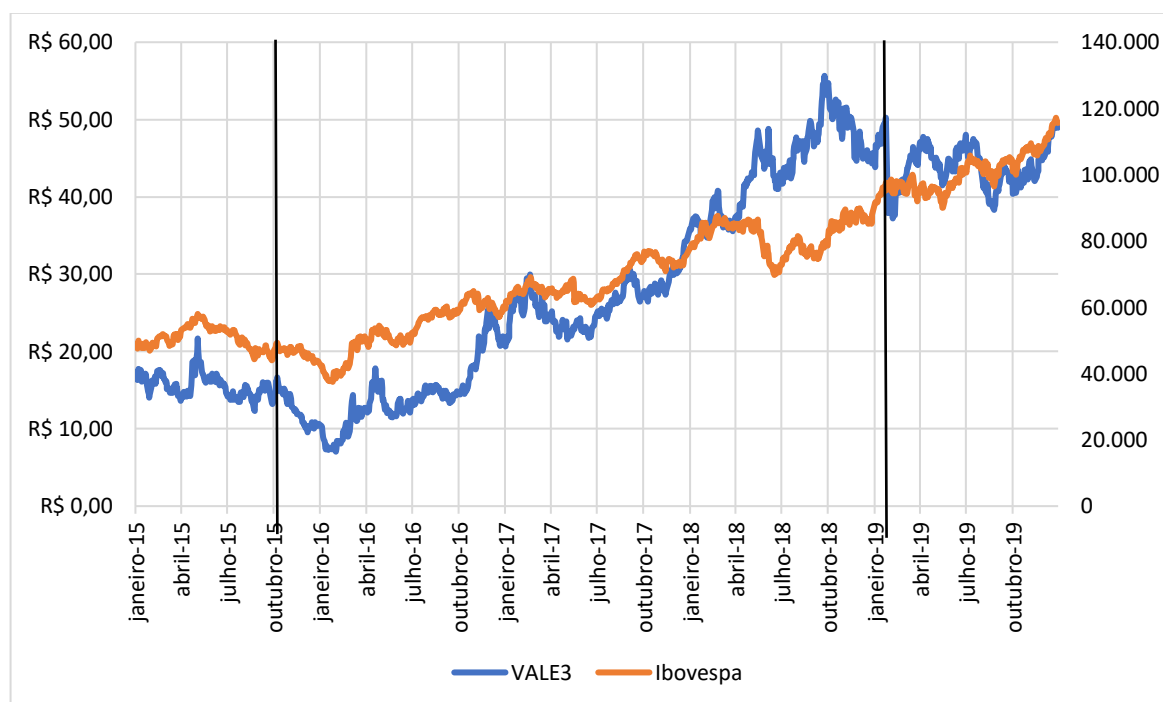
julgamentos e sanções sofridas pela empresa no decorrer do ano. Na demonstração financeira do 1º trimestre de 2019 o acidente foi um ponto fundamental, tendo uma nota explicativa exclusiva para o evento, além de um ponto de ênfase destacado pela auditoria independente anteriormente. A nota referente ao acidente está dividida em subseções, sendo elas: (a) impactos financeiros decorrentes do rompimento da barragem; (b) descaracterização das barragens; (c) paradas de operação; (d) baixa de ativos; (e) acordos; (f) doações e outras despesas incorridas; (g) contingências e outras questões legais. No site da CVM e nos jornais por todo país não foi diferente, diversas reportagens e comunicados acerca do acidente.

4.2. Comportamento das Ações no Mercado

4.2.1. Análises Gráficas

O Gráfico 1 traz a evolução das duas séries temporais utilizadas: cotações das ações da Vale, no eixo vertical esquerdo e cotação da Ibovespa, no índice vertical direito. As linhas pretas marcam as datas dos acidentes de Mariana e Brumadinho, respectivamente. Através do gráfico, é possível notar que as ações da Vale apresentaram queda após ambos os desastres. Porém, é válido destacar que a queda durante o primeiro acidente se mostrou visualmente menor que a segunda. Ademais, durante o primeiro acidente, o índice da bolsa de valores acompanhou a queda enquanto, no segundo desastre, o índice Ibovespa estava em trajetória ascendente.

Gráfico 1 - Evolução da cotação das ações da Vale (VALE3), em R\$, e Ibovespa, em pontos.

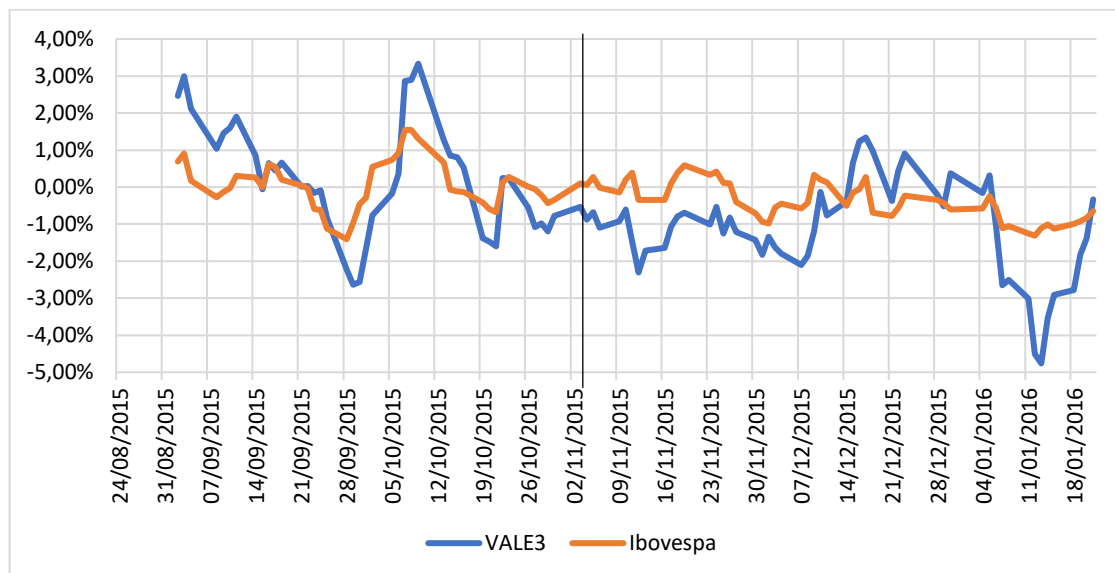


Fonte: Elaboração própria a partir de dados da Economática

Para analisar os retornos das ações, é interessante utilizar a média móvel de 7 dias, já que é um indicador que capta tendência. Além disso, também ajuda a mitigar a volatilidade, que é

bastante característica em se tratando de indicadores do mercado financeiro. Os Gráficos 2 e 3, a seguir, ilustram as médias móveis das variações percentuais das ações da Vale e do Ibovespa. As linhas pretas verticais marcam os acidentes.

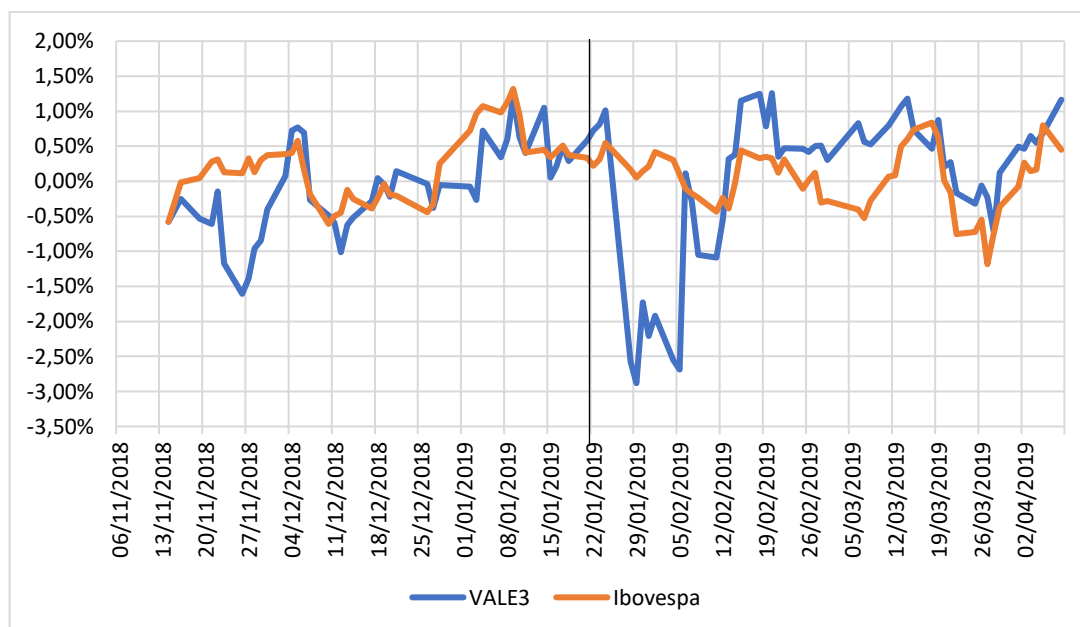
Gráfico 2 - Média móvel de 7 dias para as variações percentuais das ações da Vale e do Ibovespa 100 dias antes e 100 dias após o acidente em Mariana (05/11/2015).



Fonte: Elaboração própria a partir de dados da Economática

No caso de Mariana, as ações da Vale S.A. sofreram quedas logo nos primeiros dias, tendo um preço de R\$14,24 no dia 04/11/2015 (1 dia antes do acidente), e chegando a R\$12,31 (Gráfico 1) uma semana depois, uma queda de 13,55%, que resultou em uma média móvel de 7 dias para variações percentuais de -2,30% no dia 12/11/2015 (Gráfico 2). Além disso, observou-se também que o Ibovespa foi afetado, acompanhando as quedas sofridas pelos papéis da mineradora.

Gráfico 3: Média móvel de 7 dias para as variações percentuais das ações da Vale e do Ibovespa 100 dias antes e 100 dias após o acidente em Brumadinho (25/01/2019).



Fonte: Elaboração própria a partir de dados da Economática

No caso do acidente de Brumadinho, percebe-se que a queda no preço das ações se deu de forma mais abrupta e agressiva comparado à queda de Mariana (Gráfico 1). No dia 24/01/2019, as ações da Vale estavam valendo R\$50,24. No dia útil seguinte, segunda-feira dia 28/01/2019, os papéis fecharam o pregão cotados a R\$37,92, representando uma queda de 24,52% em relação ao preço de sexta-feira.

Pela análise conjunta dos Gráficos 2 e 3, é possível notar que, no período imediatamente a seguir aos desastres de Mariana e Brumadinho, as variações percentuais nas ações da Vale se encontravam sempre em patamar inferior às variações percentuais do Ibovespa. O destaque, no entanto, é para o segundo caso, no acidente de Brumadinho, em que a média móvel chegou a indicar uma queda de 3% na cotação das ações da mineradora frente a uma variação próxima de 0% para o Ibovespa. Para o caso de Mariana, a queda no retorno das ações foi menor, chegando aos 2% negativos.

4.2.2. Análises Econométricas

Por se tratar de análises envolvendo séries temporais, uma etapa preliminar às estimações é verificar a estacionariedade das variáveis. Para isso, foi utilizado o teste de estacionariedade ADF, de Dickey-Fuller. Nele, a hipótese nula é que as séries não são estacionárias. Os resultados se encontram na Tabela 1.

Tabela 1 - Teste de Estacionariedade

Variável	Mariana		Brumadinho	
	Estatística do teste	p-valor	Estatística do teste	p-valor
Vale	-17,504	0,00	-21,314	0,00
Ibovespa	-18,718	0,00	-20,102	0,00

Fonte: Elaboração própria

Como todos os p-valores são iguais a zero, todas as hipóteses nulas são rejeitadas. Nesse sentido, é possível afirmar que todas as séries são estacionárias. Em seguida, é possível fazer as estimações da Equação (1) utilizando estimadores de Mínimos Quadrados Ordinários. No entanto, é necessário verificar a ausência de autocorrelação e heterocedasticidade. Nesse sentido, foram feitos os testes de Durbin-Watson, para autocorrelação, e Breusch-Pagan, para heterocedasticidade. Ambos os testes consideram um nível de significância de 5%. Os resultados estão dispostos na Tabela 2.

Tabela 2 - Testes de Autocorrelação e Heterocedasticidade

Autocorrelação			Heterocedasticidade		
	Mariana	Brumadinho		Mariana	Brumadinho
dW (n = 400; k = 4)	1,915	2,104	Estatística chi2(1)	4,90	56,87
dU (n = 400; k = 4)	1,856	1,856	p-valor	0,027	0,000

Fonte: Elaboração própria

Para os testes de autocorreção de Durbin-Watson, constata-se a ausência de autocorrelação caso a seguinte regra de decisão seja atendida: $dU < dW < 4 - dU$ (GUJARATI; PORTER, 2011). Considerando os valores apresentados na Tabela 2, constata-se que a estatística dW atende à condição e, portanto, não é detectada a presença de autocorrelação para ambos os casos.

Em se tratando dos testes de heterocedasticidade de Breusch-Pagan, a hipótese nula considera a homoscedasticidade, ou seja, variância constante. Ao se analisar os dados da Tabela 2, rejeita-se a hipótese nula, constatando, assim, a presença de heterocedasticidade em ambos os casos. Sendo assim, é necessário corrigir o problema, já que, sem a homoscedasticidade, o estimador de Mínimos Quadrados Ordinários deixa de ser o melhor e com variância mínima (GUJARATI; PORTER, 2011).

Dessa maneira, os modelos da Equação (1) são estimados considerando erros padrão consistentes para a heterocedasticidade, desenvolvidos por Newey e West (1987). A Tabela 3 apresenta os resultados das estimações, considerando os dois acidentes e as duas janelas (Figura 1).

Tabela 3 - Resultados das Estimações da Equação (1)

Variável	Mariana		Brumadinho	
	Janela 1	Janela 2	Janela 1	Janela 2
<i>Ibovespa</i>	1,6249*** (0,1631)	1,594*** (0,2162)	0,62065*** (0,0978)	0,70272*** (0,1387)
<i>Acidente</i>	-0,000636 (0,00312)	-0,00121 (0,0046)	-0,00225 (0,0021)	0,00054 (0,00359)
<i>Ibov.Ac</i>	0,07342 (0,2207)	0,03433 (0,2948)	0,50024** (0,00216)	0,49630 (0,38401)
<i>Constante</i>	-0,00015 (0,00206)	0,00051 (0,0028)	0,00118 (0,00136)	-0,00112 (0,00196)
Obs	400	200	400	200
F	76,85	40,24	22,71	13,36

Prob > F	0,000	0,000	0,000	0,000
Erro-padrão entre parênteses				
* p-valor < 0,10; ** p-valor < 0,05; *** p-valor < 0,01				

Fonte: Elaboração própria

Em relação aos resultados obtidos na Tabela 3, nota-se que os sinais apresentados pelas variáveis estão de acordo com a teoria econômica, já que se esperava uma relação positiva entre as variáveis *Ibovespa* e *Ibovespa.Ac* e as ações da *Vale*, e uma relação negativa entre *Acidente* e o retorno das ações da mineradora. Nesse sentido, retornos positivos na *Ibovespa* resultam em retornos positivos nas ações da *Vale*. Analogamente, o sinal negativo da variável *Acidente* pode ser interpretado como resultante em retornos negativos nas ações da mineradora. A única exceção foi para a variável *Acidente*, para Brumadinho, durante a Janela 2, que apresentou sinal positivo. Contudo, é válido frisar que a variável não é estatisticamente significativa. Ou seja, em termos estatísticos, ela é igual a zero.

Outro fator relevante para o estudo é verificar a significância conjunta dos quatro modelos apresentados. Para isso, são utilizadas as estatísticas F e seus respectivos p-valores. Em termos globais, todos os modelos são estatisticamente significativos, já que todos os p-valores são próximos a zero. Nesse contexto, pode-se dizer que os ajustes dos modelos se mostraram adequados.

Por fim, uma etapa importante é testar o pressuposto preliminarmente levantado: $\beta_3 < \beta_1$. Isso quer dizer que se esperava que os coeficientes estimados para a variável interativa (*Ibovespa.Ac*) seriam menores que os retornos médios do *Ibovespa*. É importante destacar que todos os coeficientes estimados para o *Ibovespa* são estatisticamente significativos e os coeficientes para a variável interativa não apresentaram significância estatística, exceto para a Janela 1 de Brumadinho.

Para o caso do desastre de Mariana, nota-se claramente a confirmação dessa hipótese de que $\beta_3 < \beta_1$, já que os coeficientes estimados são maiores e estatisticamente significativos para os retornos médios do mercado. No que tange ao acidente de Brumadinho, embora os coeficientes β_1 sejam maiores, a diferença em relação aos β_3 é menor. Ademais, para se afirmar sobre a Janela 1 de Brumadinho, é necessário realizar um teste de hipótese, já que ambas as variáveis são estatisticamente significativas. A Tabela 4 indica o teste F realizado.

Tabela 4 - Teste F para a Janela 1 de Brumadinho

Hipótese Nula (H_0)	$\beta_3 = \beta_1$
F (1, 396)	0,17
Prob > F	0,679

Fonte: Elaboração própria

O resultado do Teste F para a Janela 1 de Brumadinho indica que a hipótese nula é aceita para um nível de significância de 5%. Nesse sentido, não são encontradas evidências estatísticas de que os coeficientes β_1 e β_3 são diferentes. Porém, de um modo geral, os eventos marcados pelos acidentes ambientais nas barragens impactaram negativamente no retorno das ações da *Vale*. Estes resultados valem para as duas Janelas do desastre de Mariana e para a Janela 2 de Brumadinho.

5. Considerações Finais

O presente estudo teve como objetivo principal analisar a reação dos preços das ações da mineradora Vale S.A. e do mercado de capitais brasileiro após os dois maiores acidentes ambientais do Brasil, ocorridos na cidade de Mariana em 2015, e na cidade de Brumadinho no ano de 2019. Para isso foi realizada uma coleta dos valores diários das ações da Vale, assim como os pontos do índice Ibovespa. Adicionalmente, a pesquisa também teve objetivos intermediários, sendo o primeiro analisar a maneira pela qual foram divulgados os dois acidentes, e o segundo avaliar semelhanças e diferenças nos impactos dos acidentes no mercado financeiro, e se houve algum padrão de comportamento.

Pela técnica do estudo de eventos, concluiu-se que os dois acidentes ambientais impactaram negativamente as ações da Vale S.A. no mercado de capitais brasileiro. Percebeu-se que a queda durante o acidente de Mariana se mostrou menor que a queda de Brumadinho. Em relação ao índice Ibovespa, apenas no caso de Mariana o índice acompanhou a queda dos títulos da mineradora. As conclusões encontradas estão de acordo com estudos publicados neste mesmo tema.

Mais especificamente, no caso do acidente de Mariana, encontrou-se que o papel da Vale teve uma queda de 13,55% em uma semana, representando uma média móvel semanal de -2,30%, influenciando o índice Ibovespa, que também caiu no mesmo período. Esse resultado está em conformidade com Araujo, Soares e Abreu (2018), que também encontraram que as ações da Vale sofreram perdas nos primeiros dias.

No caso de Brumadinho, o estudo revelou que a queda nos preços das ações se deu de forma mais abrupta, chegando a 24,52% no primeiro dia útil após o acidente, além de uma média móvel semanal de -2,88%, porém não teve um impacto tão grande no índice Ibovespa, se diferenciando do caso de Mariana. O resultado dessa pesquisa converge com resultados de outros estudos anteriormente publicados, como Cruz *et al* (2020) e Souza *et al* (2019).

No campo das divulgações, observou-se que nos dois casos a Vale S.A. publicou fatos relevantes e dedicou notas explicativas exclusivas aos acidentes nas demonstrações financeiras trimestrais do período dos acidentes, a fim de detalhá-lo melhor para o leitor do documento. De acordo com o levantamento da pesquisa, foi constatado que no caso de Brumadinho a mineradora emitiu uma quantidade maior de comunicados em relação à Mariana.

Analisando e compilando os resultados dos estudos anteriores e desta presente pesquisa, foi possível perceber a existência de um padrão de comportamento dos preços das ações de empresas envolvidas em acidentes ambientais. Em todos os casos estudados, os acidentes tiveram um impacto negativo nos preços das ações, resultando em uma perda de valor de mercado das companhias relacionadas. Isso mostra a relevância que os acidentes ambientais têm não só para a sociedade em geral, mas também para o cenário econômico-financeiro.

Os resultados encontrados limitam-se aos dois acidentes acontecidos com a companhia Vale, impossibilitando generalizações. Por outro lado, o modelo estatístico partiu de premissas apoiadas em pesquisas que empregaram idêntica metodologia, cujas janelas de evento e estimação foram até certo ponto arbitrárias.

Referências Bibliográficas

- ALVES, J. L.; BORBA, J. A. A relevância da informação contábil ambiental para a tomada de decisão de investimento: Um estudo experimental. *Contabilidade, Gestão e Governança*, Brasília, v. 12, n. 2, p. 44-57, mai/ago 2009.
- ARAUJO; F. S. M.; SOARES, R. A.; ABREU, de; M. C. Avaliação das reações do mercado de capitais no Brasil e na Austrália após o acidente ambiental da mineradora Samarco. *Revista Catarinense da Ciência Contábil*, Florianópolis, v. 17, n. 52, p. 7-22, set./dez. 2018.
- BARCELLOS, C.; FREITAS, de; C. M.; ASMUS, C. I. R. F.; XAVIER, D. R. Da Samarco em Mariana à Vale em Brumadinho: desastres em barragens de mineração e Saúde Coletiva, *Caderno de Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v. 35, n. 5, 2019.
- CAMARGOS, M. A.; BARBOSA, F. V. Teoria e evidência informacional do mercado de capitais brasileiro. *Caderno de Pesquisas em Administração*, São Paulo, v. 10, n. 1, janeiro/março 2003.
- CAMPBELL, J., LO, A., & MACKINLAY, A. (1997). *The Econometrics of Financial Markets*. Princeton, New Jersey. Princeton University Press.
- CARDOSO, R.; MARTINS, V. Hipótese de Mercado Eficiente e Modelo de Precificação de Ativos Financeiros. In: IUDÍCIBUS, S.; LOPES, A. B. *Teoria avançada da contabilidade*. 1ª Edição. São Paulo: Editora Atlas, 2004. p.70-132.
- CBN, 2016. Vazamento da Chevron causa mancha de óleo na Bacia de Campos.. Disponível em: <<https://cbn.globoradio.globo.com/institucional/historia/aniversario/cbn-25-anos/boletins/2016/03/22/2011-VAZAMENTO-DA-CHEVRON-CAUSA-MANCHA-DE-OLEO-NA-BACIA-DE-CAMPOS.htm>> Acesso em: 15/02/2021.
- FAMA, E. F., *Efficient Capital Markets: A review of Theory and Empirical Work*, *The Journal of Finance*, New York, v. 25, n. 02, p. 383-417, May 1970.
- FAMA, E. F., *Efficient capital markets: II*. *The Journal of Finance*, v. 46, n. 5 p. 1.575-1.618, Cambridge, December 1991.
- FORBES, 2019. Ibama multa Vale em R\$ 250 milhões por Brumadinho. Disponível em: <<https://forbes.com.br/negocios/2019/01/ibama-multa-vale-em-r-250-milhoes-por-brumadinho/>> Acesso em: 15/02/2021.
- FORTI; C.; PEIXOTO, F.; SANTIAGO, W. Hipótese da Eficiência de Mercado: Um Estudo Exploratório no Mercado de Capitais Brasileiro. *Gestão & Regionalidade*, São Paulo, Vol. 25, n. 75, set/dez 2009.
- FRENCH, K.R.; ROLL, R. Stock Return Variances: The Arrival of Information and the Reaction of Traders. *Journal of Financial Economics*, v. 17, n. 1, p. 5-26, set. 1986.
- GUJARATI, D. N.; PORTER, D. C. *Econometria Básica*. 5ª Ed. McGraw Hill, New York, 2011.
- G1, 2015. Zona da Mata ainda se recupera de rompimento de barragem há 9 anos. Disponível em: <<http://g1.globo.com/mg/zona-da-mata/noticia/2015/11/zona-da-mata-ainda-se-recupera-de-rompimento-de-barragem-ha-9-anos.html>> Acesso em: 15/02/2021.
- HENDRIKSEN, Eldon S.; VAN BREDA, Michael F. *Teoria da contabilidade*. São Paulo: Atlas, 1999.

LOPES, A. B. A Informação Contábil e o Mercado de Capitais. 1 ed. São Paulo: Thomson/Pioneira, 2002.

MAGNESS, V. Who are the stakeholders now? An empirical examination of the Michell, Agle and Wood theory of stakeholder salience. *Journal of Business Ethics*, 2008, vol. 83, p. 177-192.

MARQUES, V. A.; CASTRO, de. R. D. Relevância da informação contábil para o mercado de capitais: evidências no mercado brasileiro. *Enfoque Reflexão Contábil*, Paraná, v. 32, n. 1, p. 109-124, janeiro/abril 2013.

NEWKEY, W. K.; WEST, K. A simple positive semi-definite heteroscedasticity and autocorrelation consistent covariance matrix. *Econometrica*, v.55, p. 703-708, 1987.

NOBREGA, M. O mercado de capitais: sua importância para o desenvolvimento e os entraves com que se defronta no Brasil. In: *Estudos para o desenvolvimento do mercado de capitais*. BOVESPA, julho, 2000. p. 1-48.

NOGUEIRA, K. G. F. de; ANGOTTI, M. Os efeitos da divulgação de impactos ambientais: um estudo de eventos em companhias petrolíferas. *Revista Contemporânea de Contabilidade*, Florianópolis, v. 8, n. 16, p. 65-88, jul./dez., 2011.

ROMACHO, J. C.; CIDRAIS, V. A Eficiência do Mercado de Capitais Português e o Anúncio dos Resultados Contabilísticos. *Revista de Estudos Politécnicos*. 2007, v. IV, n. 7, p. 235-252.

SOUZA, J.C.F.; CRUZ, L. O. de; NETO, A. M. M.; TROTTI, R. V.; DUARTE, V.C.A.; SOUZA, J.G.M. Impacto do rompimento da barragem de Brumadinho nas ações das mineradoras Vale, CSN e Gerdau. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, Brasília, 2019.

TAKAMATSU, R. T.; LAMOUNIER, W. M.; COLAUTO, R. D. Impactos da divulgação de prejuízos nos retornos de ações de companhias participantes do Ibovespa. *Revista Universo Contábil*, Blumenau, v. 4, n. 1, p. 46-63, jan./mar. 2008.

VARELA, C. A.; MILONE, D. A resposta do mercado aos Acidentes Ambientais na Indústria Petrolífera: Estudo do Caso do Desastre no Golfo do México. *Encontro Internacional sobre Gestão e Meio Ambiente*, São Paulo, 2014.

VIEZORKESKY, V. C.; SIQUEIRA, L. S. L.; BARBOSA, M. T.; CRUZ, C. V. O. A. Análise da Reação dos Preços das Ações da Mineradora Vale Após o Acidente Ambiental em Brumadinho/MG e do seu Impacto no Mercado de Mineração Americano. 10º Congresso UFSC de Controladoria e Finanças, Florianópolis, 2020.

YAMAMOTO, M. M., SALOTTI, B. M., Informação contábil: estudos sobre a sua divulgação no mercado de capitais. São Paulo: Atlas, 2006.