



Proposta de um sistema de transporte mais seguro e confiável para a condução de blocos e rochas ornamentais em rodovias

Fábio Carneiro Escocard¹

Alline Sardinha Cordeiro Morais²

Resumo: O transporte rodoviário é um aspecto chave para toda a logística do país, sobretudo para o setor de blocos e rochas ornamentais. Apesar de ser capaz de trazer resultados significantes, tanto em aspectos econômicos quanto financeiros, esse modelo de escoamento está suscetível a grandes riscos de acidentes. No entanto, o uso de equipamentos modernos e devidamente planejados para tal operação pode ser capaz de superar tais dificuldades. Neste sentido, a presente artigo tecnológico insere-se no discutido contexto, uma vez que propõe um projeto inovador para o transporte de blocos e rochas ornamentais. Para tal desenvolvimento, foi feita uma análise dos equipamentos de transporte utilizados para esse fim e dos pontos críticos de carregamento e transporte existentes, para que, em seguida, fosse possível propor um novo modelo. Os resultados obtidos demonstram que o equipamento proposto favorece um sistema de transporte de blocos e rochas ornamentais com menor risco de tombamento, visto a possibilidade de redução do centro de gravidade do implemento, além de indicar adequações técnicas e possíveis melhorias na legislação vigente. Contribuindo, dessa forma, para a redução do número de acidentes rodoviários relacionados ao transporte de blocos e rochas, favorecendo o desenvolvimento do setor.

Palavras-chave: Transporte de Rochas; Acidentes Rodoviários; Legislação.

Proposal for a safer and reliable transport system for driving blocks and ornamental rocks on roads

Abstract: Road transport is a key aspect for all the logistics of the country, especially for the sector of blocks and ornamental rocks. In spite of being able to bring significant results, in economic as well as financial aspects, this model of run is susceptible to great risks of accidents. However, the use of modern and properly planned equipment for such an operation may be able to overcome such difficulties. In this sense, the present research inserts itself in the discussed context, since it proposes an innovative project for the transport of blocks and ornamental rocks. For this development, an analysis was made of the transport equipment used for this purpose and the critical loading and transport points, so that a new model could then be proposed. The results show that the proposed equipment favors a system of transport of blocks and ornamental rocks with lower risk of tipping, since the possibility of reducing the center of gravity of the implement, besides indicating technical adjustments and possible improvements in the current legislation. Contributing, in this way, to the reduction of the number of road accidents related to the transportation of blocks and rocks, favoring the development of the sector.

Keywords: Transport of Rocks; Road Accidents; Legislation.

- 1 Mestre em Sistemas Aplicados à Engenharia e Gestão pelo Instituto Federal Fluminense (IFF). Graduado em Engenharia de Produção pela Universidade Candido Mendes (UCAM). Atua como Gestor Empresarial em indústria de transformação. Endereço postal: R. Dr. Siqueira, 273 - Parque Dom Bosco, Campos dos Goytacazes - RJ, 28030-130. E-mail: fabio_escocard@hotmail.com.
- 2 Doutora em Engenharia e Ciência dos Materiais pela Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF). Graduada em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). Atua como professora e diretora de planejamento estratégico no Instituto Federal Fluminense (IFF).

1 Introdução

Devido a sua importância no sistema de transformações, lançadas pelos avanços tecnológicos e seu crescimento nos últimos anos, a logística vem tornando-se uma das principais áreas de apoio e investimento para as organizações (SANTOS, et al., 2018). O transporte rodoviário de cargas, por sua vez, tem grande importância neste cenário, visto que responde sozinho por mais de 61% de toda a carga transportada no país (CNT, 2017). Existem, no entanto, grandes desafios nesse modelo, que impactam negativamente a sua prosperidade.

Um setor que está diretamente ligado a essa vertente é o de blocos e rochas ornamentais, onde o Brasil é um dos principais produtores do mundo. Além disso, o cenário nacional de exportações de rochas mostra-se muito promissor, pois, se comparados os anos de 2016 e 2017, percebe-se uma alta de 3% na quantidade, em toneladas, exportada (CENTROROCHAS, 2017). Todavia, o setor enfrenta algumas dificuldades, podendo-se destacar, principalmente, as evidências de graves acidentes rodoviários envolvendo esse tipo de transporte e a limitação da carga a ser transportada.

Levando em consideração apenas os acidentes por tombamento, em média, são evidenciadas mais de 6.300 ocorrências nas estradas todos os anos, ocasionando cerca de 170 mortes (PRF, 2018). O que fez despertar, na sociedade civil e nas associações e sindicatos da classe, o interesse em entender melhor esse ambiente, favorecendo, de alguma forma, a mudança desse panorama.

Apesar de já existir legislação específica a respeito deste tema, a Resolução Nº 354/2010 (CONTRAN, 2010), que estabelece requisitos de segurança para o transporte de blocos e chapas serradas de rochas ornamentais, as ocorrências de sinistros continuam acontecendo. Além disso, existe uma limitação imposta pelos modelos de transporte disponíveis para o escoamento das produções, devido ao limite de carga para deslocamento em rodovias, em média 33 toneladas, definido pela Portaria DENATRAN Nº 63/2009 (DENATRAN, 2009).

Reconhecendo a relevância e importância de se desenvolver modelos que propusessem melhores análises na condição do transporte de rodoviário, diversos autores elaboraram estudos de modelos com distintos níveis de abrangência e complexidade (BERTOLINI et al., 2018; OLIVEIRA, 2018; SILVA, 2018; SANTOS et al., 2017; PEREIRA, 2017). Entretanto, nota-se que, em nenhum desses trabalhos foi abordado uma adequação conjunta entre a tecnologia empregada para o transporte e a legislação vigente, considerando, ainda, as necessidades operacionais dos produtores, transportadores, órgãos públicos e da sociedade civil.

Neste sentido, o presente trabalho pretende apresentar uma proposta com o objetivo de desenvolver um sistema de transporte mais seguro e confiável para a condução de blocos e rochas ornamentais nas rodovias, comparando as especificações dos principais modelos existentes e buscando analisar, de forma crítica, a legislação que rege esse tipo de transporte, propondo melhorias para avaliação técnica por parte dos órgãos competentes.

2 Referencial Teórico

2.1 Transporte Rodoviário de Cargas

Para entender a relevância do Transporte Rodoviário de Cargas (TRC) no Brasil, é importante avaliar a importância dessa matriz em território nacional. Segundo dados do Boletim Estatístico da Confederação Nacional de Transportes (CNT), em fevereiro de 2019, o modal rodoviário foi responsável pelo escoamento de 485.625 milhões de toneladas por quilômetro útil. Além disso, o setor empregava formalmente em 2016, segundo o referido órgão, pouco mais de 1 milhão e meio de pessoas. Existem, no entanto, grandes desafios neste modelo de transporte, tais como o desbalanceamento da matriz de transportes, legislação inadequada e falta de fiscalização, deficiência estrutural, insegurança nas vias, altos custos, envelhecimento da frota, consumo energético e a emissão de gases poluentes. Problemas que atrasam o crescimento do setor (KATO, 2007; CNT, 2017, 2019).

A atividade de TRC está segmentada em diversos mercados e a classificação utilizada para determinar os tipos de cargas, levando em consideração as características físicas das mercadorias (granel sólido, granel líquido e carga seca) ou a necessidade de tratamentos especiais, indica uma delimitação inicial desses mercados. As demandas e ofertas diferenciadas de cada tipo de mercadoria requerem a utilização de equipamentos específicos, como veículos e instalações, para garantir um transporte eficiente e seguro (CNI, 2016).

Sendo assim, sistemas logísticos que contribuam para um uso mais eficiente dos veículos, assim como mudanças para veículos com maior capacidade e maiores recursos de segurança, podem gerar ganhos adicionais de eficiência para o sistema de transporte. Além de tecnologias mais avançadas, é fundamental a participação de motoristas e transportadoras para potencializar a redução dos impactos econômicos e ambientais causados pelo transporte rodoviário de cargas (BARTHOLOMEU; PÉRA; CAIXETA-FILHO, 2016).

2.2 Produção e Transporte de Blocos e Rochas Ornamentais

As rochas ornamentais, também chamadas de pedras naturais, rochas lapídeas ou rochas dimensionais, são largamente utilizadas na indústria da construção civil como revestimentos internos e externos de paredes, pisos, pilares, colunas e soleiras. Podendo, ainda, compor peças isoladas, como estruturas, tampos, pés de mesa, bancadas, balcões, lápides e arte funerária em geral, além de edificações (BRASIL, 2007, 2009; SINDIROCHAS, 2013; IDEIES, 2015).

Mundialmente, a produção de rochas ornamentais passou de 1,5 milhão de ton./ano, em 1920, para 130 milhões de toneladas em 2013, o que corresponde a cerca de 48 milhões de metros cúbicos, ou 1,42 bilhões de metros quadrados equivalentes às chapas com dois centímetros de espessura. Estima-se, ainda, que, no ano de 2020, essa produção ultrapasse a casa dos 170 milhões de toneladas (SANTOS, 2016).

O setor de rochas ornamentais apresenta grande força no cenário econômico do Brasil, colocando o país, em 2015, como o quinto maior produtor de rochas e o terceiro em exportação de granitos. O estado do Espírito Santo, em especial o município de Cachoeiro de Itapemirim, por sua vez, é um dos grandes responsáveis pela relevante posição do Brasil no ranking mundial, respondendo sozinho por cerca de

50% da produção de rochas e por mais de 70% das exportações brasileiras (MARTINEZ; HEIDER, 2012; IDEIES, 2015; MONTANI, 2015; SANTOS, 2016; EL HAJJ, et al., 2017).

Quanto às exportações de rochas nacionais, em 2017 verificou-se uma alta de 3% na quantidade, em tonelada, exportada e de 9,34% no preço médio dos materiais exportados, quando comparados com os dados observados no mesmo período do ano de 2016. Fato que mostra um crescimento da atividade, independentemente da situação econômica financeira nacional (CENTROROCHAS, 2017).

Para um país de dimensões continentais como o Brasil, onde o modelo de transporte mais utilizado é o rodoviário, a logística de escoamento de produção é determinante para a manutenção de todo o sistema. Desta forma, a movimentação segura e adequada de cargas brutas e produtos semiacabados, como os blocos e chapas ornamentais, pelas rodovias brasileiras depende de um transporte otimizado, de equipamentos eficientes e de uma fiscalização assídua para garantir o cumprimento das normativas e exigências legais relacionadas à atividade de transporte de cargas, visto que oferecem riscos a estrutura das estradas, aos motoristas e aos demais usuários das rodovias (BRASIL, 2009; SINDIROCHAS, 2013; IDEIES, 2015).

2.3 Acidentes Rodoviários Relacionados ao Transporte de Cargas

O transporte dos blocos e chapas tornou-se um dos gargalos do setor de extração de rochas ornamentais. Por serem escoados através do modal rodoviário, esses produtos são responsáveis pela redução da vida útil das rodovias, aumento dos riscos de acidentes e danos a veículos transportadores e de terceiros, tendo como consequências significativas o elevado número de vítimas e a emissão de poluentes (BRAGANÇA; BRAGANÇA; MACIEL, 2017; NARCISO; MELLO, 2017).

São frequentes os acidentes envolvendo caminhões de blocos nas estradas brasileiras. O principal motivo é o excesso de velocidade com perda de controle na direção e tombamento do caminhão (Figura 1), quando os blocos estão devidamente amarrados, ou a queda dos blocos na pista quando eles não estão presos de acordo à regulamentação vigente (CASTRO et al., 2011), além do centro de gravidade característico dos veículos usados, comumente, no transporte desses materiais.

Figura 1: Veículo transportador de rochas tombado.



Fonte: Portal G1 de notícias (ZANOTTI, 2013)

Apesar dos indicadores apresentarem uma melhora considerável, no que tange a acidentes em rodovias federais, apresentando uma redução de 186.748 casos em 2013 para 80.779 em 2017, o número de mortos e feridos e a quantidade de pessoas e veículos envolvidos ainda é alarmante. Ademais, no mesmo período, analisando apenas os acidentes relacionados a tombamentos de carga, é possível identificar um cenário bem menos promissor, com redução de apenas 20,4% no número de ocorrências (PRF, 2018).

2.4 Legislação referente ao Transporte de Cargas e Rochas Ornamentais

Com a modernização e evolução dos equipamentos buscando uma melhor produtividade das empresas exploradoras de pedras naturais, os blocos de rocha ornamentais ficaram maiores e mais pesados. Paralelamente, os caminhões também evoluíram em relação à potência do motor e tecnologias embarcadas. No entanto, a legislação demorou a acompanhar esse progresso (CORDEIRO, 2015).

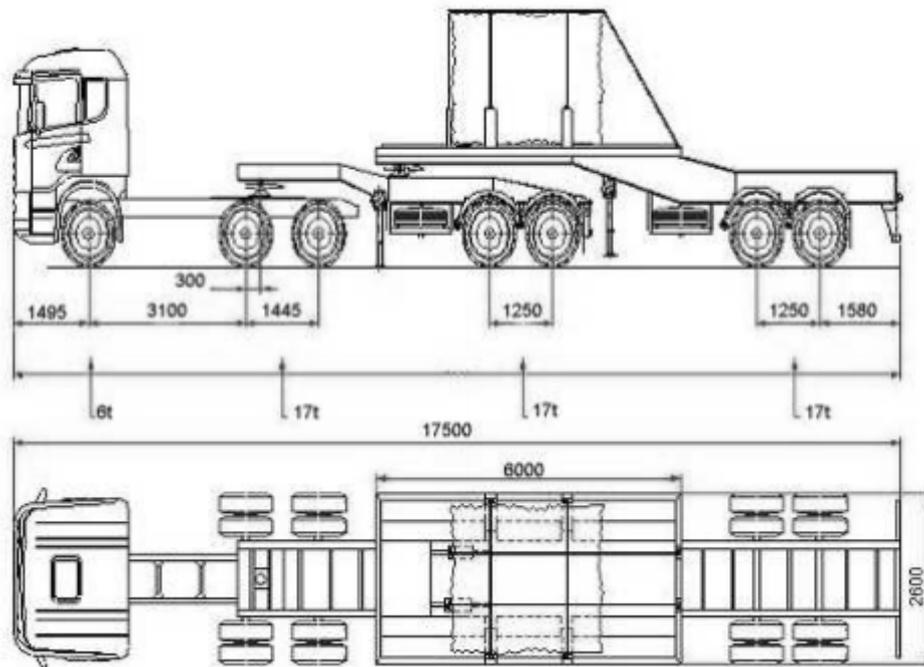
No Código de Trânsito Brasileiro (CTB) de 1997, existem basicamente duas normatizações para o transporte de carga: a de carga fracionada, através de composições previstas na Portaria DENATRAN Nº 63/2009, que homologa os veículos e as combinações de veículos de transporte de carga e de passageiros, com seus respectivos limites de comprimento, PBT (Peso Bruto Total) e PBTC (Peso Bruto Total Combinado), e a de carga indivisível, através da resolução Nº 1/2016, que aprova as normas de utilização de rodovias federais para o transporte de cargas indivisíveis e excedentes em peso e/ou dimensões para o trânsito de veículos especiais (BRASIL, 1997; DENATRAN, 2009; DNIT; 2016).

Contudo, apenas em 1º de julho de 2010 o transporte de rochas ornamentais, serradas ou em blocos, passou a responder a uma legislação específica, a Resolução CONTRAN Nº 354/2010, que estabeleceu os requisitos de segurança para o transporte desses materiais. Antes disso, tinha-se somente a Resolução CONTRAN Nº 210/2006, que determinava limites gerais de peso e dimensão de veículos, não considerando

características exclusivas do transporte de rochas (CONTRAN, 2006, 2010).

A fim de atender determinação do Conselho Nacional de Transito, os blocos mais pesados, PBTC entre 54,5 e 57 toneladas, só podem ser transportados em um veículo especialmente desenvolvido para esta finalidade: veículo trator 6x4, com semirreboque dianteiro para distribuição do peso, conhecido como *dolly*, e um semirreboque traseiro com *dolly* de distribuição para o transporte de rochas ornamentais com PBTC superior a 54,5 toneladas, que é o limite máximo de carga para composição de veículo dotado de articulação única (Figura 02). Além disso, para poder circular, os veículos necessitam de um Certificado de Segurança Veicular, após a adaptação dos dispositivos de segurança (CONTRAN, 2010).

Figura 2: Ilustração de veículo transportador de rochas ornamentais dentro das normas técnica exigidas.



Fonte: Resolução CONTRAN N° 354/2010

Foi definido para o transporte de rochas, para fins de segurança, um conjunto mínimo de oito travas, sendo duas em cada lateral da carroceria, duas frontais e duas traseiras. Cada uma das travas deve ser posicionada de forma que suas faces tangencie o bloco em pelo menos um ponto. As rochas menores, por sua vez, devem ser transportadas em caçambas, devidamente travadas (CONTRAN, 2010).

Todavia, mesmo com a existência de legislações e normativas que regulamentam o transporte das rochas ornamentais, ainda é comum encontrar veículos fora dos padrões técnicos, além de índices assustadores de acidentes e vítimas devido ao deslocamento rodoviário das grandes cargas (GOMES, 2017a, 2017b).

2.5 Análise das Configurações Existentes

Através do Anexo I, da Portaria do DENATRAN N° 63/2009, que homologa os veículos e as combinações de veículos de transporte de carga e de passageiros, com seus respectivos limites de

comprimento, PBT e PBTC, é possível perceber que, além da configuração supracitada (exclusiva para PBTC entre 54,5 e 57 toneladas), existem uma série de configurações possíveis para o transporte de carga em geral, como o de blocos e rochas ornamentais (DENATRAN, 2009). No entanto, devido à busca pela otimização do transporte e um melhor aproveitamento logístico, atualmente costuma-se trabalhar com apenas 03 dessas configurações, sendo elas I 18, I 22 e I 29 (Figura 03).

Figura 3: Exemplos de configurações utilizadas para o transporte de blocos e rochas

COMPOSIÇÕES HOMOLOGADAS PARA O TRANSPORTE DE CARGA						
Caminhão Trator + Semi-reboque			Peso máximo por eixo ou conjunto de eixos (t)	PBT e PBTC (t)		
				Comprimento total (metros)		
				Inferior ou igual a 14,0	Inferior a 16,0	Superior ou igual a 16,0
I-18			$6 + 17 + 25,5 = 48,5$		45	48,5
I-22			$6 + 17 + 10 + 10 + 10 = 53$		45	53
I-29			$12 + 17 + 25,5 = 54,5$		45	54,5

Fonte: Portaria DENATRAN nº 63/2009.

A configuração I-18, trata-se de um semirreboque carga seca, com os 03 eixos próximos um do outro (espaçamento inferior a 2400 mm), utilizando um veículo trator com tração 6x2, o que permite um PBTC de 48,5 toneladas e carga líquida estimada de 29 toneladas.

A configuração I-22, por sua vez, constitui-se do mesmo semirreboque carga seca 03 eixos utilizando um veículo trator com tração 6x2, da configuração I-18. Porém, nesta configuração os eixos encontram-se distanciados (espaçamento superior a 2400 mm), o que permite que o PBTC passe para 53 toneladas e a carga líquida estimada para 33,5 toneladas.

A configuração I-29, finalmente, trata-se do mesmo semirreboque carga seca, com os 03 eixos próximos um do outro da configuração I-18, porém utilizando um veículo trator com tração 8x2. O que permite um PBTC de 54,5 toneladas e carga líquida estimada de 35 toneladas.

Para o cálculo da carga líquida a ser carregada, em ambos os casos a tara do conjunto (veículo trator + equipamento de transporte) foi considerada igual à 19,5 toneladas.

2.6 Cinemática do Movimento

A margem de segurança para veículos pesados, ao que se refere a acidentes de derrapagem e tombamento, é bastante inferior à encontrada nos automóveis comuns. Mesmo em situações normais, em pista seca, os caminhões apresentam limite de tombamento inferior ao atrito lateral disponível (HARWOOD et al., 2003), o que magnifica os riscos de acidentes.

Neste sentido, entende-se por tombamento qualquer manobra na qual o veículo, mantendo contato com o solo, gira 90 graus ou mais em torno do eixo longitudinal (GILLESPIE, 1992 apud EJZEMBERG, 2009), sendo a manobra lateral o principal tipo de tombamento relacionado a veículos pesados (EJZEMBERG, 2009) e, conseqüentemente, os transportadores de cargas.

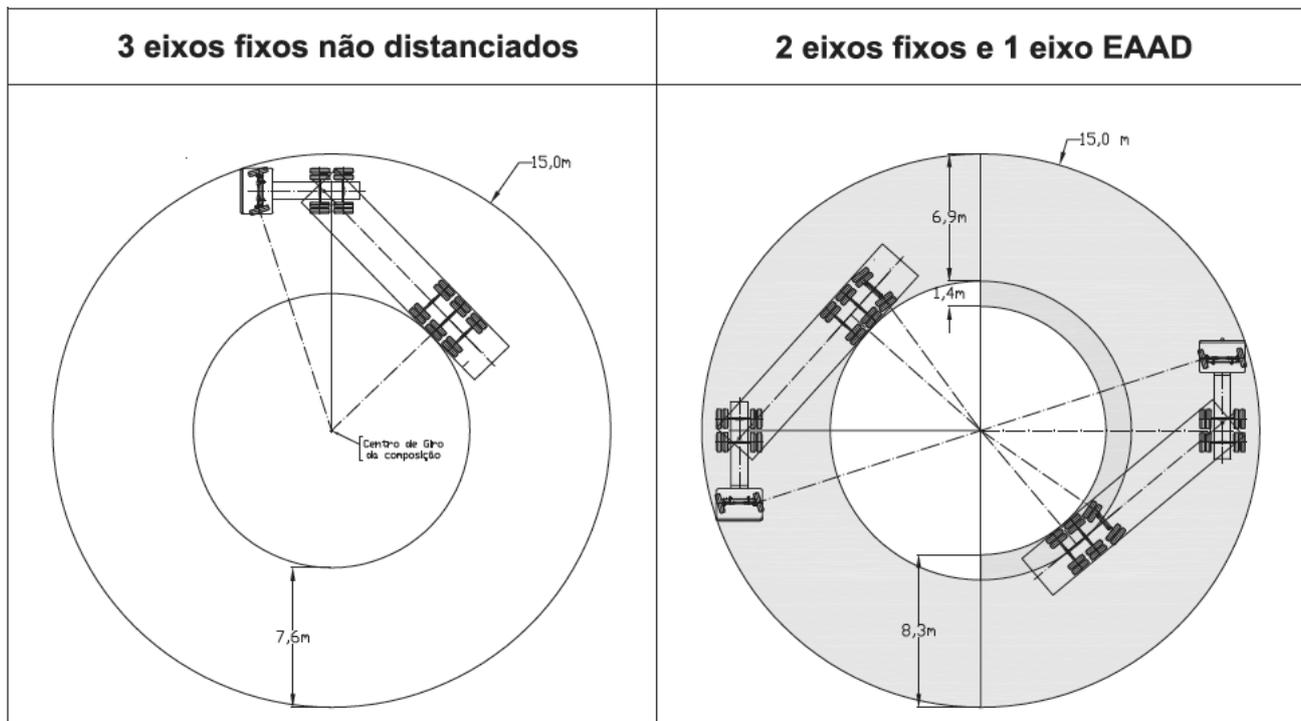
Os acidentes de trânsito envolvendo tombamentos de veículos em curvas são sempre resultado da interação de diversos fatores, dentre eles os relacionados ao próprio veículo. A margem de segurança e o limite de tombamento lateral de veículos pesados estão fortemente relacionados à geometria do próprio veículo, bem como as características da carga transportada, onde se percebe a redução da estabilidade lateral dos veículos decorrente da lotação e da altura do centro de gravidade da carga (EJZEMBERG, 2009).

O centro de gravidade, por sua vez, é definido como o ponto geométrico no corpo da máquina onde a força peso total atua normal à superfície do solo. Todavia, com a evolução tecnológica do modal logístico rodoviário, o formato dos caminhões transportadores de carga vem sendo modificado quanto ao rebaixamento do centro de gravidade, que passa a ser mais próximo do solo. Com isso, busca-se um melhor desempenho do veículo, aumento da capacidade de carga e maior segurança de tráfego, especialmente em terrenos inclinados (CHUDAKOV, 1977 apud LIMA et al., 2004; LIMA et al., 2004; PETRAGLIA, 2011).

Sobre o eixo auto direcional, entende-se como aquele que se direciona de acordo com a proporção de giro do conjunto, fazendo com que ele mude o ângulo em relação ao centro do eixo, de acordo com a curvatura, sem a necessidade de intervenção auxiliar. Ou seja, quando esse é instalado do centro de giro do conjunto para frente o direcionamento do eixo auto direcional acompanha a orientação do veículo trator. Porém, quando instalado do centro de giro para trás, o eixo auto direcional automaticamente é direcionado para o lado oposto do sentido da curva, fazendo com que o veículo trator e o eixo auto direcional sejam direcionados em lados opostos (MILLIKEN; MILLIKEN, 1995; MACHADO, 2012).

Ademais, quando se trata de um semirreboque padrão, somente essa mudança, traz uma redução de aproximadamente 9,2% na trajetória da curva (Figura 4).

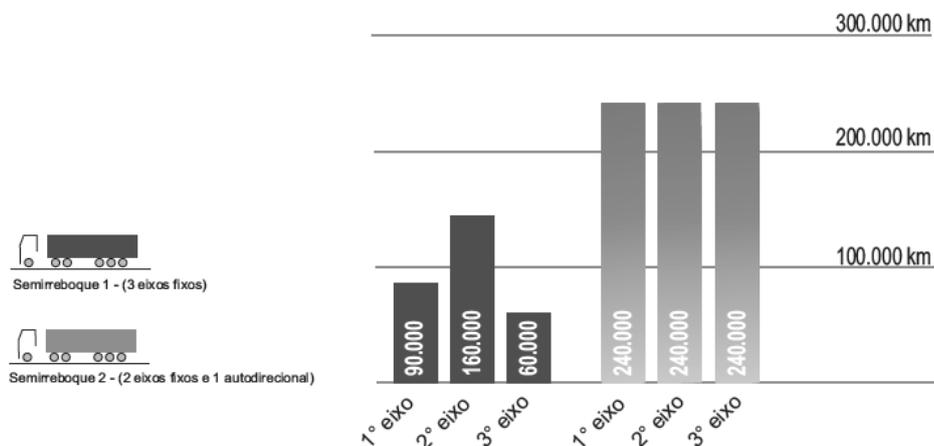
Figura 4: Comparação do raio de giro entre dois semirreboques de mesma configuração



Fonte: Machado (2012)

Além disso, a autonomia de cada conjunto de pneu chega a ser 3 vezes maior quando o terceiro eixo de uma carreta é auto direcional, quando comparada com uma de igual configuração e mesmas condições de uso (Figura 5), porém, com os três eixos rígidos (MACHADO, 2012).

Figura 5: Resultado encontrado quando comparado dois semirreboques nas mesmas condições de uso durante dois }



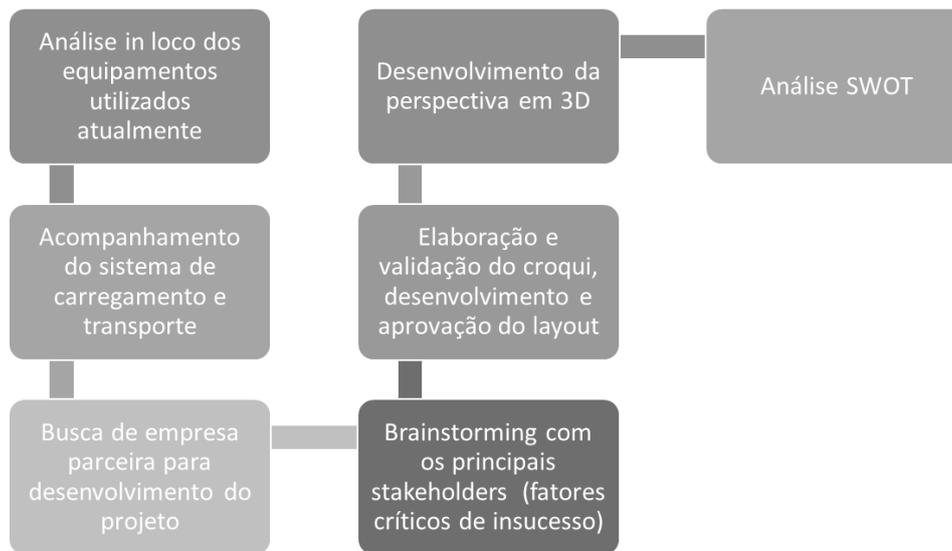
Fonte: Machado (2012)

3 Metodologia

A presente pesquisa classifica-se como aplicada e exploratória, visto que objetiva gerar conhecimentos para aplicações práticas dirigidas à solução de problemas específicos, além de buscar entender não só as necessidades específicas do transporte de rochas, mas também todo tipo de legislação vigente com relação ao assunto abordado, para então, ter embasamento suficiente para propor a reformulação da regulamentação atual e o desenvolvimento de uma solução prática e segura (SILVA; MENEZES, 2001; GIL, 2002).

Quanto a perspectiva da abordagem, a pesquisa é quantitativa e qualitativa (MORESI, 2003), de forma que a primeira possibilita a coleta dos dados necessários, enquanto a segunda permite verificar a problemática real, tornando a análise mais consistente.

Sendo assim, a pesquisa foi dividida e realizada em sete etapas principais (Figura 6).

Figura 6: Etapas de Desenvolvimento da Pesquisa

Fonte: Autor (2018).

Em um primeiro momento foram analisados os equipamentos utilizados para o transporte de blocos e rochas ornamentais na atualidade, levando em consideração não somente as configurações possíveis, mas também a capacidade de carga dos mesmos.

Em seguida, foi necessário acompanhar todo o sistema de carregamento desses materiais e a logística que envolve esse procedimento, desde a entrada e saída das pedreiras até o transporte nas estradas e cidades, a fim de levantar as premissas necessárias para o desenvolvimento do novo modelo de equipamento. Esse acompanhamento foi feito in loco entre os meses de abril e maio de 2018. Dessa forma, alguns pontos críticos foram identificados como:

- I. Apesar de já existir configuração capaz de carregar blocos acima de 33 toneladas, Peso Bruto Total Combinado (PBTC) ente 54,5 e 57 toneladas, o mesmo não foi aceito pelo mercado devido não ser um equipamento muito operacional, devido a sua difícil dirigibilidade e execução de manobras;
- II. Já existe no mercado carregadeiras capazes de movimentar blocos de até 40 toneladas dentro das pedreiras, porém, ainda não é desenvolvido devido o transporte rodoviário não atender a mesma capacidade de forma eficaz;
- III. As pedreiras ficam localizadas em locais altos, o que dificulta o acesso de carretas com dimensões fora do padrão;
- IV. As configurações existentes não apresentam grande estabilidade no momento do transporte nas rodovias.

A partir do levantamento destas informações, foi possível buscar uma indústria de transformação com capacidade técnica necessária para contribuir com o desenvolvimento de um equipamento que suprisse tais dificuldades. Tal empresa precisava ser do ramo de implementos rodoviários e ter como um de seus focos a inovação, visto que o modelo proposto não se caracteriza como um produto padrão de mercado. Foi priorizado empresas da região sudeste do país, devido à proximidade com o campus onde está alocado

o programa de pós-graduação no qual tal pesquisa foi desenvolvida e o principal polo produtor de rochas do país. Desta forma, a empresa escolhida foi a Morumbi Industrial Ltda, uma indústria do ramo de metal mecânica localizada na Região Norte do Estado do Rio de Janeiro.

Uma vez estabelecida a parceria, foi realizado um *brainstorming* com os principais *stakeholders* do projeto: Pesquisador, Investidor, Equipe Comercial e Equipe de Engenharia da empresa parceira e, ainda, Fabricantes e Transportadores de blocos e rochas. Através dessas partes interessadas, foi possível reunir 10 pessoas e estabelecer os fatores críticos de insucesso, permitindo o delineamento de possíveis soluções para cada situação apontada.

Dessarte, foi desenvolvido um croqui do projeto para avaliação e posterior validação, que por sua vez, serviu de base para o desenvolvimento do desenho técnico em 2D. Após a validação das cotas e finalização das simulações, iniciou-se o desenvolvimento das perspectivas em 3D. Para tanto, fez-se uso do software de CAD SolidWorks da Dassault Systèmes SolidWorks Corp, versão 2018.

Por fim, foi desenvolvida uma análise de viabilidade deste novo produto, levando em consideração não só a segurança do transporte de modo geral, mas a capacidade de atendimento as legislações vigentes e as particularidades do segmento. Desse modo, além da realização da análise SWOT (*Strengths, Weaknesses, Opportunities e Threats*), foi necessário comparar tecnicamente o modelo proposto com o modelo atual mais utilizado.

O modelo escolhido para a comparação foi o da composição I-22 (DENATRAN, 2009), que consiste em um semirreboque carga seca 03 eixos, utilizando um veículo trator com tração 6x2. Nesta configuração, os eixos do veículo encontram-se distanciados (espaçamento superior a 2400 mm), o que permite que o PBTC passe para 53 toneladas e a carga líquida estimada para 33,5 toneladas.

A fim de determinar o valor do limiar de capotamento do veículo tradicionalmente utilizado para o transporte de rochas ornamentais e do modelo proposto pelo presente estudo, utilizou-se como base a equação para rolagem estática de um veículo rígido proposta por Gillespie (1992). Todavia, adaptaram-se as variáveis para a situação de pista não inclinada, tendo-se, por fim, a Equação 1.

$$ay/g = (t^2)/h \quad (1)$$

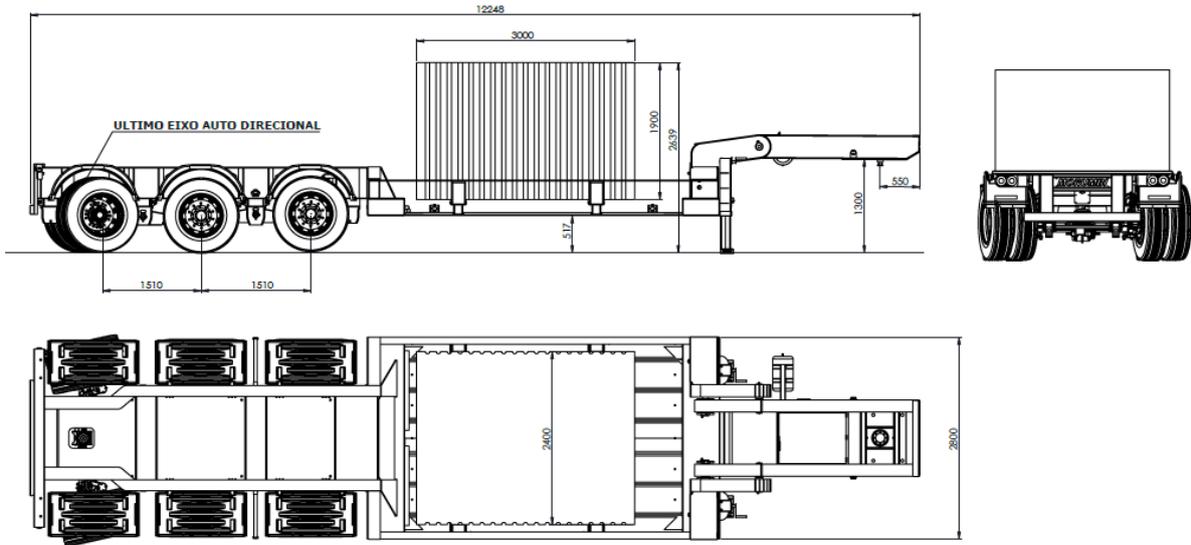
Onde, ay / g é o limiar de capotamento do veículo (m); t o valor médio da bitola (m); e h a altura do centro de gravidade (m).

4 Resultados e Discussão

4.1 Equipamento de Transporte Proposto

Através da metodologia proposta foi possível identificar diversas melhorias possíveis de serem implementadas no transporte de blocos e rochas ornamentais. Com o apoio da empresa parceira, tornou-se realizável a concepção de uma configuração de equipamento mais segura do que a utilizada atualmente. No entanto, para que isso fosse possível, foi necessário realizar alterações de algumas cotas, como medida do entre eixos, comprimento e largura do implemento e distância das bases do produto até o solo (Figura 7).

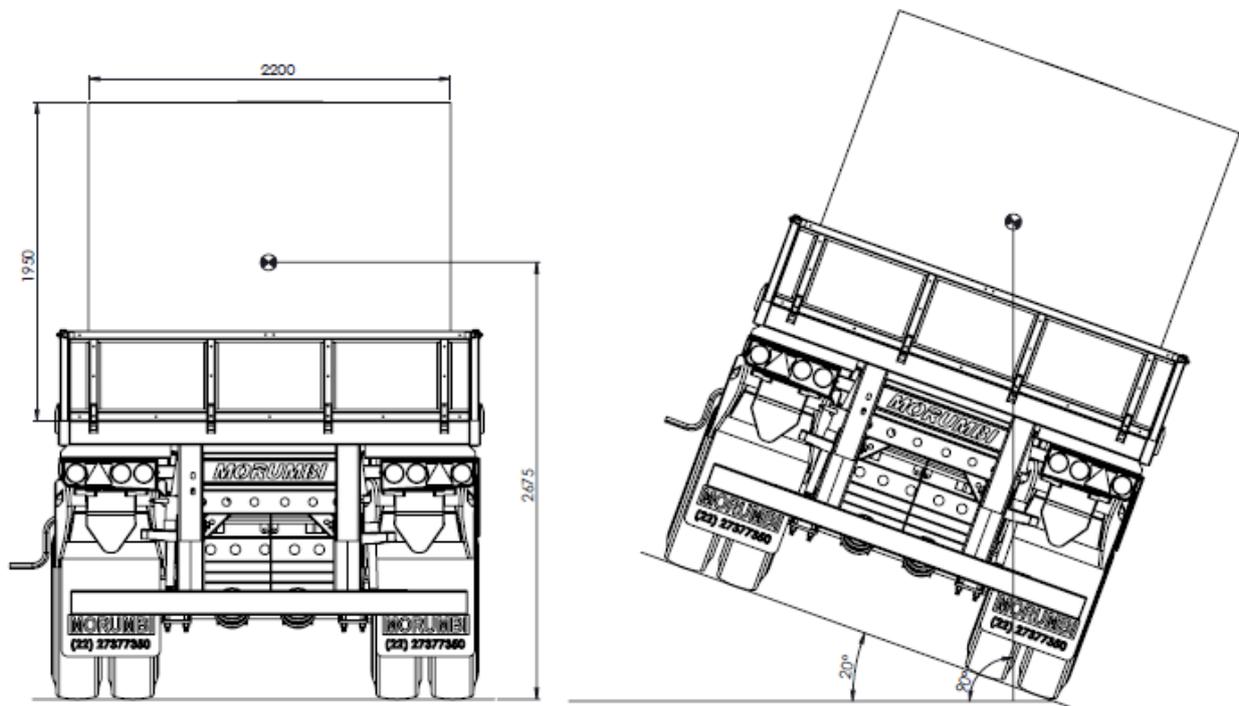
Figura 7: Perspectiva do equipamento proposto em 2D



Fonte: Autor (2018)

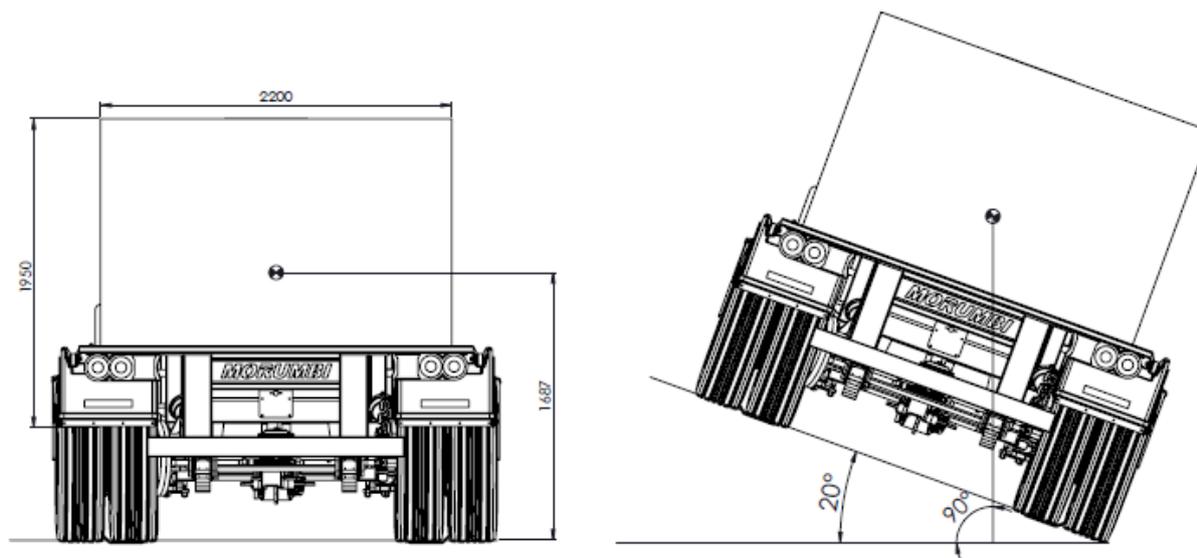
Dentre as mudanças que precisaram ser realizadas, destaca-se a redução da altura do centro de gravidade do conjunto e o aumento da bitola do eixo (distância entre o centro de cada conjunto roda + pneu), o que por sua vez, aumentará a estabilidade da carreta e diminuirá a possibilidade de tombamento da carga (Figura 8 e Figura 9).

Figura 8: Ilustração centro de gravidade de uma carreta carga seca carregada



Fonte: Autor (2018)

Figura 9: Ilustração centro de gravidade do equipamento proposto carregado.



Fonte: Autor (2018)

Avaliando o centro de gravidade destes dois conjuntos e simulando uma inclinação de 20° do equipamento em relação ao solo, foi possível identificar que no primeiro equipamento (Figura 8) a projeção do centro de gravidade fica além da extremidade da bitola do eixo, enquanto no segundo (Figura 9) a projeção não chega sequer até a bitola do eixo.

Tal diferença fica ainda mais evidente quando realizado o cálculo limiar de capotamento dos dois equipamentos. Para tanto, esses foram analisados estando em condições idênticas de trabalho, ou seja, ambos numa velocidade de 60 km/h e carregando um bloco de 33 toneladas. No entanto, as demais variáveis da fórmula possuem resultados diferentes. Visto que, o equipamento padrão (Figura 8) possui uma bitola menor e o centro de gravidade mais elevado que o equipamento proposto (Figura 9), o que coloca em risco a estabilidade do primeiro em curvas.

Analisando a situação com base na Equação 1, proposta por Gillespie (1992), pode-se observar que com a velocidade constante de 60 km/h, o raio de curva mínimo que o primeiro implemento consegue executar sem tombar é de 296,39 m, que se encontra bem acima do raio de curva mínimo admitido para estradas comuns do Brasil, 230m em estradas onduladas com mais de 1000 veículos de fluxo diário (BRASIL, 1973).

Já o implemento proposto, que apresenta características mais favoráveis, consegue executar curvas com raio de giro de 177,29 m, cerca de 40% menor que o anterior e abaixo do raio mínimo encontrado nas estradas comuns do Brasil. Além disso, a inclinação máxima do equipamento antes de iniciar o capotamento (*Roll angle*) é 67% maior no equipamento proposto (Tabela 1).

Tabela 1: Variáveis encontradas através do cálculo limiar de capotamento.

	Equipamento 01 (Figura 7)	Equipamento 02 (Figura 8)
Bitola	1.840,00 mm	1.940,00 mm
Massa	42.000,00 Kg	42.500,00 Kg
Altura do CG	2.675,00 mm	1.687,00 mm
Velocidade	60,00 Km/h	60,00 Km/h
Ay	0,34 g	0,57 g
Roll angle	19,69 °	32,93 °
Raio de giro	296,39 m	177,29 m

Fonte: Autor (2018).

Para o cálculo das variáveis, considerou-se as seguintes nomenclaturas e bases de cálculo:

I. Bitola: Distância entre o centro de cada conjunto roda + pneu;

II. Massa: Peso Bruto Total (Tara do implemento + lotação);

III. Altura do CG: Altura do centro de gravidade do conjunto (Implemento + lotação);

IV. Velocidade: Velocidade do veículo no momento da simulação;

V. Ay: Aceleração Lateral, calculada através da Equação 2:

$$\text{Bitola} / (2 * \text{Altura do CG}) \quad (2)$$

VI. Roll angle: Ângulo de inclinação máximo antes de iniciar o capotamento, calculado através da Equação 3:

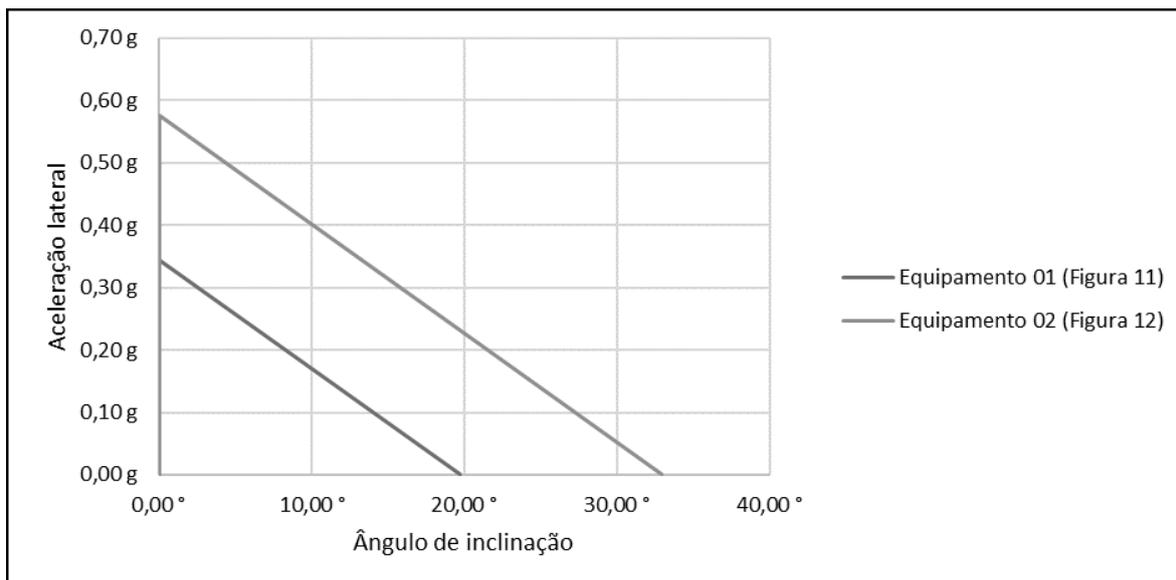
$$1 / (\text{TAN}(\text{RADIANOS}(2 * \text{Altura do CG} / \text{Bitola}))) \quad (3)$$

VII. Raio de giro, conforme Equação 4:

$$((\text{Velocidade}^2) / 3,6) / (\text{Ay} * 9,81) \quad (4)$$

A partir das informações obtidas na Tabela 1, foi possível gerar o gráfico de aceleração centrípeta em relação ao ângulo máximo de tombamento (Figura 10) e evidenciar a variação da aceleração lateral em função do ângulo de inclinação de cada um dos implementos comparados, desconsiderando a deformação da suspensão, uma vez que essa é a mesma nos dois equipamentos.

Figura 10: Gráfico de aceleração centrípeta X ângulo máximo de tombamento



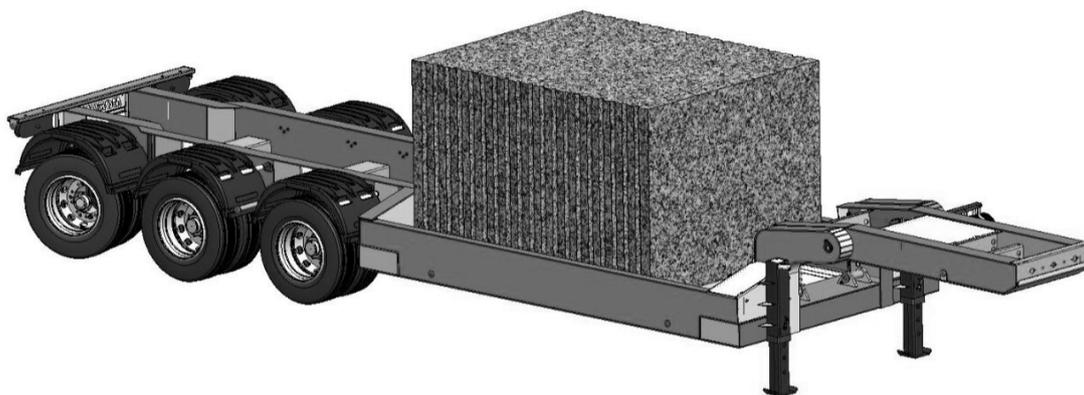
Fonte: Autor (2018)

Tomando como base a primeira Lei de Newton, percebe-se que quanto mais acentuada for a curva, maior será a força empurrando o implemento para fora. Dessa forma, o gráfico da Figura 10 começa com o implemento em linha reta e velocidade constante (aceleração lateral = 0). No entanto, se o implemento começar a realizar uma curva, à medida que essa for fechando, a aceleração vai aumentar sem mudar o ângulo de inclinação pois, até o momento, o implemento não transferiu totalmente o peso da roda interna da curva para a roda externa. Dessa forma, mantendo a velocidade constante, conforme o motorista for fechando a curva, a aceleração lateral vai chegar a um valor em que o peso sustentado pela roda interna a curva será igual a zero e todo o peso do implemento vai estar apoiado na roda externa a curva. A partir desse momento, o implemento começará a ganhar ângulo de inclinação e, para que ele não tombe, o motorista deverá abrir a curva. Se o motorista não o fizer suficientemente, o implemento vai ganhar ângulo de inclinação até o ponto em que, mesmo em linha reta ele não terá condições de apoiar as duas rodas no chão novamente, o que levará ao tombamento.

No entanto, para reduzir a altura do centro de gravidade do conjunto, dentre outros fatores foi necessário diminuir também a altura do equipamento, ponto este identificado como negativo por parte dos transportadores, devido as pedreiras não estarem localizadas em locais planos e de fácil acesso. A fim de suprir essa particularidade foi desenvolvido um sistema de acionamento hidráulico robusto acoplado ao pescoço do semirreboque, capaz de elevar a plataforma central do equipamento de maneira rápida e fácil sem prejudicar e/ou dificultar o transporte.

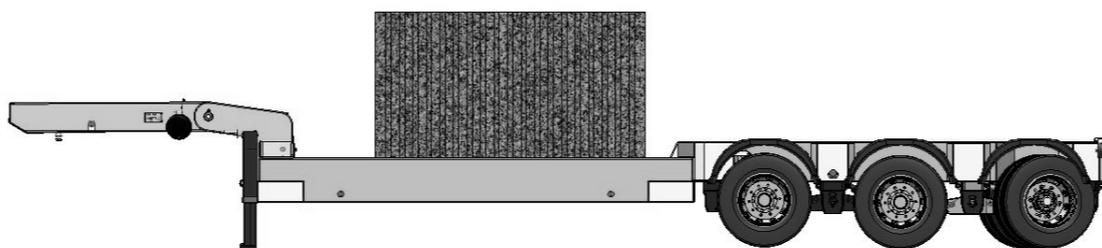
Outra modificação considerável, está ligada ao sistema de eixos. Ao invés de utilizar os eixos rígidos, o modelo proposto, foi projetado para receber um sistema de eixos que contemplassem os 02 primeiros eixos rígidos e 01 eixo (último) auto direcional (Figura 11, Figura 12 e Figura 13).

Figura 11: Visão geral do equipamento proposto carregado em formato 3D



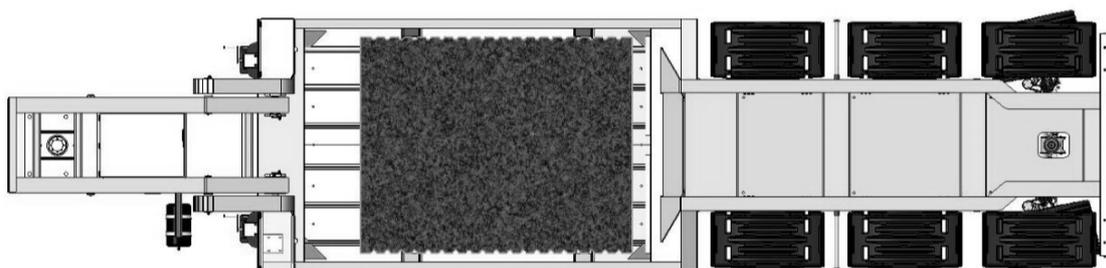
Fonte: Autor (2018)

Figura 12: Vista lateral do equipamento proposto carregado em formato 3D



Fonte: Autor (2018)

Figura 13: Vista superior do equipamento proposto carregado em formato 3D.



Fonte: Autor (2018)

Apenas este benefício, em longo prazo, traz consigo uma série de pontos positivos para os transportadores e, conseqüentemente, para os demais envolvidos do processo, dentre eles destaca-se o menor desgaste dos pneus, uma vez que não terá arraste dos mesmos, a melhor capacidade de manobra em baixa velocidade e, por fim, a redução da necessidade de desmatamento e desapropriações próximo as rodovias e dentro das áreas urbanas a fim de aumentar o campo para manobras desses veículos.

Por se tratar de um produto inovador e com inúmeros recursos capazes de suprir as deficiências desse tipo de transporte e aumentar a segurança de todos os envolvidos neste, a expectativa é que o modelo proposto apresente um valor de mercado em torno de 50% mais caro que o equipamento comparado.

No entanto, com o crescimento da produção, a tendência é que essa diferença reduza, pois além do aperfeiçoamento dos processos, outros fabricantes poderão apresentar diferentes soluções e configurações de equipamentos, o que, certamente, acarretará numa disputa sadia por essa fatia de mercado.

Além disso, com o novo projeto, será possível transportar uma carga líquida de 40 toneladas (considerando: PBTC de 59,5 toneladas e tara do conjunto de 19,5 toneladas), enquanto que na configuração comparada, o máximo permitido é, somente, 33,5 toneladas de carga líquida (DENATRAN, 2009). Dessa forma, uma maior quantidade de material poderá ser transportada com um número menor de viagens, o que, por sua vez, mostra que mesmo sendo um pouco mais caro, em longo prazo, o modelo proposto pode trazer ganhos e ser um diferencial competitivo.

4.2 Adequações Propostas para a Legislação

Embora seja reconhecida a notoriedade da Resolução N° 354/2010 (CONTRAN, 2010), para o transporte blocos e rochas ornamentais, o referido estudo identificou oportunidades de melhorias e a necessidade de atualizações nos requisitos técnicos estabelecidos:

- I. Inclusão da obrigatoriedade de utilização de, ao menos, 2 pontos de apoio transversal (barrotes) para suporte da carga, o que hoje é facultativo, de modo que a carga não fique diretamente apoiada nas longarinas do veículo. Uma vez colocado, esses barrotes além de estabilizar a carga, facilitariam o descarregamento do material, aumentando a segurança da operação
- II. Indica-se que sejam utilizadas referências brasileiras ao que se refere aos dispositivos de amarração, o que facilitaria o entendimento e adequação do processo, assim como a fiscalização dos dispositivos;
- III. Exigência de travas no sentido longitudinal, e não apenas no sentido transversal, a fim de evitar o deslocamento da carga de forma completa;
- IV. Revogação da padronização da medida de comprimento das correntes (exigidas nos anexos V e VI), permitindo, dessa forma, a amarração de blocos com dimensões menores;
- V. Determinação de um limite para a altura do centro de gravidade do conjunto de forma que, para PBTC acima de 54,5 toneladas, o limite da base inferior do bloco fique no máximo à 700 mm do solo, o que reduziria o risco de tombamento;
- VI. Sugere-se que as combinações de veículo de carga superior a 54,5 toneladas, sejam regidos pela legislação de carga indivisível, através da Resolução N° 01/2016 (DNIT, 2016). Dessa forma, blocos maiores e mais pesados necessitariam trafegar em condições especiais em rodovias, como horário pré-definido para circulação e velocidade máxima de 60 km/h, o que aumentaria, consideravelmente, a segurança no transporte de blocos e rochas e deixaria todos os transportadores em condições iguais de trabalho;
- VII. Revisão dos Art. 3° e 8°, que determinam que as combinações de veículos de carga com PBTC entre 54,5 e 57 toneladas, utilizadas no transporte de um único bloco de rocha ornamental, devem ser obrigatoriamente do tipo caminhão trator 6x2 ou 6x4, um semirreboque dianteiro para distribuição do peso (*dolly*) e um semirreboque traseiro destinado ao carregamento de cargas indivisíveis de até

equipamento, a diferença de valor de venda entre os equipamentos, cerca de 50%, pode ser amortizada ao longo das viagens, uma vez que, através da nova configuração, será possível carregar uma maior quantidade de carga líquida em uma única viagem.

5 Considerações Finais

O presente trabalho atingiu seus objetivos ao apresentar um sistema de transporte com menor risco de tombamento, possibilitando a redução do centro de gravidade do implemento e indicando adequações técnicas e possíveis melhorias na legislação vigente. Dessa forma, o equipamento proposto, por si só, irá trazer uma série de benefícios a sociedade e aos *stakeholders* do processo.

Espera-se, ainda, que, com a materialização e comercialização deste produto, o número de acidentes relacionados ao transporte de blocos e rochas diminua consideravelmente, reduzindo, também, a quantidade de mortos e feridos todos os anos nas estradas e a quantidade de veículos envolvidos.

A respeito das limitações encontradas, após todo o mapeamento e desenvolvimento do trabalho, foi possível perceber que, para o completo sucesso do projeto, algumas premissas precisam ser consideradas como verdadeiras, sendo elas a adequação da Resolução N° 354/2010 (CONTRAN, 2010), a mudança de cultura do segmento e participação dos órgãos competentes: Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN) e do Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN), na avaliação das mudanças propostas, e Polícia Rodoviária Federal, através da fiscalização constante. Além disso, o modelo proposto representa uma mudança que demanda maior investimento inicial. Fazendo-se necessário, dessa forma, uma ação conjunta dos envolvidos no projeto para que o sucesso pleno seja alcançado.

Ademais, ainda existem pontos a serem trabalhados. Dentre eles, pode-se destacar a limitação do material a ser carregado, pois, com o equipamento proposto não será possível transportar diferentes tipos de carga com um único equipamento, algo corriqueiro no segmento, devido ao aumento do campo de atuação de quem faz o transporte dos materiais nas rodovias. Neste sentido, recomendam-se pesquisas futuras que busquem o desenvolvimento de um equipamento mais versátil, capaz de atender diversas demandas de forma segura e confiável.

Referências

- BARTHOLOMEU, D. B.; PÉRA, T. G.; CAIXETA-FILHO, J. V. Logística sustentável: avaliação de estratégias de redução das emissões de CO₂ no transporte rodoviário de cargas. **Journal of Transport Literature**, v. 10, n. 3, p.15-19, 2016. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/jtl/v10n3/2238-1031-jtl-10-03-0015.pdf>. Acesso em: 12 abr. 2019.
- BERTOLINI, A. VILAR, A. R. A.; FURLANETTO, C. R.; TAVARES, D. T.; GONÇALVES, M. F. **Logística / otimização do processo de operação dos veículos bitrens da empresa transportes Bertolini Ltda.** 2018. 38 f. Monografia (Especialização em Gestão de Negócios) - Curso de Especialização em Gestão de Negócios. Fundação Dom Cabral, Belém, 2018.
- BRAGANÇA, R.; BRAGANÇA, H. B. N.; MACIEL, E. F. Diagnóstico Socioambiental dos Impactos Positivos e

Negativos Gerados Através das Atividades de Exploração de Rochas Ornamentais do Município de Cachoeiro de Itapemirim/ES. In: FÓRUM INTERNACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS, VIII, 2017. Curitiba. **Anais eletrônicos...** Curitiba: Instituto Venturini, 2017. Disponível em: <http://www.institutoventuri.org.br/ojs/index.php/firs/article/view/379/95>. Acesso em: 12 abr. 2019.

BRASIL. Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997. **Institui o Código de Trânsito Brasileiro**. BRASÍLIA, 23 set. 1997.

BRASIL. Ministério da Educação. **Rochas Ornamentais**. 2007. Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/setec/arquivos/pdf3/publica_setec_rochas.pdf. Acesso em: 12 abr. 2019.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Relatório Técnico 33: Perfil de Rochas Ornamentais e de Revestimento**. 2009. Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral -. Disponível em: http://www.mme.gov.br/documents/1138775/1256650/P23_RT33_Perfil_de_Rochas_Ornamentais_e_de_Revestimento.pdf/d6f58aa1-b01a-4da1-a178-e6052b2fc8e5. Acesso em: 12 abr. 2019.

BRASIL. Ministério dos Transportes. **Normas para o projeto das estradas de rodagem**. 1973. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Disponível em: <http://www.dnit.gov.br/download/rodovias/operacoes-rodoviaras/faixa-de-dominio/normas-projeto-estr-rod-reeditado-1973.pdf>. Acesso em: 12 abr. 2019.

CASTRO, N. F.; MARCON, D. B.; CATTABRIGA, L.; LIMA, E. F.; ALMEIDA, P. F. Impacto do APL de Rochas Ornamentais do Espírito Santo nas comunidades. In: CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL (Org.). **Recursos minerais & sustentabilidade territorial: Arranjos Produtivos Locais**. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2011. p.139-176

CENTRO BRASILEIRO DOS EXPORTADORES DE ROCHAS ORNAMENTAIS (CENTROROCHAS). **Informativo das Exportações de Rochas**. 2017. Disponível em: <http://www.centrorochas.org.br/>. Acesso em: 15 fev. 2018.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE INDÚSTRIAS (CNI). **Transporte Rodoviário de Carga (TRC): Características Estruturais e a Crise Atual**. Brasília, 2016. Disponível em: <http://www.portaldaindustria.com.br/publicacoes/2017/10/estudo-transporte-rodoviario-de-carga-trc-caracteristicas-estruturais-e-crise-atual/>. Acesso em: 12 abr. 2019.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES (CNT). **Boletim Estatístico**. 2017. Disponível em: <https://www.cnt.org.br/boletins>. Acesso em: 12 abr. 2018.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES (CNT). **Boletim Estatístico fevereiro 2019**. 2019. Disponível em: <https://www.cnt.org.br/boletins>. Acesso em: 21 mai. 2019.

CONSELHO NACIONAL DE TRÂNSITO (CONTRAN). Resolução nº 210, de 13 de dezembro de 2006. **Estabelece os limites de peso e dimensões para veículos que transitem por vias terrestres e dá outras providências**. BRASÍLIA, 13 nov. 2006.

CONSELHO NACIONAL DE TRÂNSITO (CONTRAN). Resolução nº 354, de 24 de junho de 2010. **Estabelece requisitos de segurança para o transporte de blocos e chapas serradas de rochas ornamentais**. BRASÍLIA, 24 jun. 2010.

CORDEIRO, B. **Como é o transporte de blocos de rochas**. Guia do Transporte de Cargas. 2015. Disponível em: <http://www.guiadotrc.com.br/noticias/noticiaid.asp?id=30456>. Acesso em: 12 abr. 2018.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). Resolução nº 1, de 14 de janeiro de 2016. **Regulamenta o uso de rodovias federais por veículos ou combinações de veículos**. BRASÍLIA, 14 jan. 2016.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO (DENATRAN). Portaria nº 63, de 31 de março de 2009. **Homologa os veículos e as combinações de veículos de transporte de carga e de passageiros, com seus respectivos limites de comprimento, peso bruto total - pbt e peso bruto total combinado - pbtc.** BRASÍLIA, 31 mar. 2009.

- EJZEMBERG, S. **Os veículos pesados e a segurança no projeto das curvas horizontais de rodovias e vias de trânsito rápido**. 2009. 245 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transporte) - Departamento de Engenharia de Transportes. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.
- EL HAJJ, T.; SILVA, P. S. C.; GANDOLLA, M. P. A.; DANTAS, G. A. S. A.; SANTOS, A.; DELBONI, H. Radiological hazard indices and elemental composition of Brazilian and Swiss ornamental rocks. **Brazilian Journal of Radiation Sciences**, v. 5, n. 2, p. 01-29, 2017. Disponível em: <https://www.bjrs.org.br/revista/index.php/REVISTA/article/view/269/216>. Acesso em: 12 abr. 2019.
- GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 1. ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- GILLESPIE, T. D. **Fundamentals of Vehicle Dynamics**. 1. ed. Warrendale, United States: Society of Automotive Engineers, 1992.
- GOMES, G. **Caminhão irregular carregado com chapas de granito é apreendido na BR-101 no Sul do ES**. 2017a. Portal G1 de notícias. Disponível em: <https://g1.globo.com/espírito-santo/sul-es/noticia/caminhao-irregular-carregado-com-chapas-de-granito-e-apreendido-na-br-101-no-sul-do-es.ghtml>. Acesso em: 12 abr. 2019.
- GOMES, G. **Mais um caminhão é apreendido no Sul do ES por transporte irregular de granito**. 2017b. Portal G1 de notícias. Disponível em: <https://g1.globo.com/espírito-santo/sul-es/noticia/mais-um-caminhao-e-apreendido-no-sul-do-es-por-transporte-irregular-de-granito.ghtml>. Acesso em: 12 abr. 2019.
- HARWOOD, D. W.; TORBIC, D. J.; RICHARD, K. R.; GLAUZ, D. W.; ELEFTERIADOU, L. **Review of truck characteristics as factors in roadway design**. Washington, D.C.,USA: National Cooperative Highway Research Program/TRB – Transport Research Board, 2003. Disponível em: https://nacto.org/docs/usdg/nchrprpt505_harwood.pdf. Acesso em: 04 dez. 2019.
- INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO EDUCACIONAL E INDUSTRIAL DO ESPÍRITO SANTO (IDEIES). **Análise de Competitividade da Indústria de Rochas Ornamentais do Estado do Espírito Santo**. 2015. Disponível em: http://www.investigacoes.es.gov.br/images/contratos-de-competitividade/analise-dos-setores/analise_rochas_ornamentais.pdf. Acesso em: 12 abr. 2019.
- KATO, J. M. Um modelo para a construção de cenários aplicado à Indústria de Transportes Rodoviários de Cargas no Brasil. **Fae**, v. 10, n. 2, p. 179-197, 2007. Disponível em: http://www.teraits.com/pitagoras/marcio/pgp/p_14_JERRY.pdf. Acesso em: 12 abr. 2019.
- LIMA, J. S. S.; SOUZA, A. P.; MACHADO, C. C.; PEZZOPANE, J. E. M.; AREAS, M. L. Estimativa das estabilidades longitudinal e transversal de tratores florestais utilizados na colheita de madeira. **Revista Árvore**, v. 6, n. 28, p. 839-844, 2004. Disponível em: https://www.academia.edu/13763434/Estimativa_das_estabilidades_longitudinal_e_transversal_de tratores_florestais_utilizados_na_colheita_de_madeira. Acesso em: 12 abr. 2019.
- MACHADO, P. Eixo auto direcional manga deslocada. MM Tecnologia em Implementos Rodoviários Ltda. São Paulo, [2012]. Não publicado.
- MARTINEZ, C.; HEIDER, M. **Rochas ornamentais e de revestimentos**. 1. ed. Brasília: DNPM/DIPLAM, 2012.
- MILLIKEN, W. F.; MILLIKEN, D. L. **Race car vehicle dynamics**. 1. ed. Warrendale, United States: Sae International, 1995.
- MONTANI, C. **XXVI Relatório Mármore e Pedras no Mundo 2015**. 1. ed. Carrara: Aldus Casa di Edizione, 2015.
- MORESI, E. **Metodologia de Pesquisa**. 1. ed. Brasília: Universidade Católica de Brasília, 2003.
- NARCISO, F. V.; MELLO, M. T. Safety and health of professional drivers who drive on Brazilian highways. **Revista de Saúde Pública**, v. 51, n. 26, p. 1-7, 2017. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-89102017000100604. Acesso em: 04 dez. 2019.

- OLIVEIRA, D. **Proposta de um sistema de transporte dinâmico para situações de crise no modal rodoviário considerando os compromissos entre custo e risco de ruptura na rede**. 2018. 127 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Curso de Doutorado em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018.
- PEREIRA, G. B. **Transporte rodoviário de carga perigosa e controlada: adequação de empresa para transporte fracionado de hidróxido de sódio sólido**. 2017. 46 f. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança) - Curso de Especialização em Engenharia de Segurança. Universidade do Sul de Santa Catarina, Tubarão, 2017.
- PETRAGLIA, J. A relevância da inovação tecnológica no processo logístico de exportação de etanol. **Future Studies Research Journal**, v. 3, n. 1, p.59-83, 2011. Disponível em: <https://www.revistafuture.org/FSRJ/article/download/69/119>. Acesso em: 12 abr. 2019.
- POLÍCIA RODOVIÁRIA FEDERAL (PRF). **Estatísticas - Acidentes**. 2018. Ministério da Justiça e Segurança Pública. Disponível em: <https://www.prf.gov.br/portal/dados-abertos/acidentes/acidentes>. Acesso em: 19 fev. 2018.
- SANTOS, A. C.; AUGUSTO, A. O. N.; EDERSON, L. G.; MARCEL, U. C. P.; JESSICA, M. G.; RENAN, S. S. **Acidentes de trânsito no transporte rodoviário – redução de attr na empresa Aruanã Transportes LTDA**. 2017. 60 f. Monografia (Especialização em Gestão de Negócios) - Curso de Especialização em Gestão de Negócios. Fundação Dom Cabral, Manaus, 2017.
- SANTOS, I. D.M.; PINTO, L. G.; BORGES, A. F. S.; SOUZA, M. F.; SOUZA, A. V. N. Logística Empresarial: Um Estudo de Caso em uma Empresa de Transporte de Cargas Terrestres. In: CONGRESSO DE GESTÃO, NEGÓCIOS E TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO, II, 2018. Aracajú. **Anais eletrônicos...** Aracajú: [s.i], 2018. Disponível em: <https://eventos.set.edu.br/index.php/congengi/article/view/9634/4310>. Acesso em: 21 mai. 2019.
- SANTOS, J. **Caracterização de Resíduos de Rochas Ornamentais: Aplicação de Conceitos Mecanoquímicos**. 2016. 144 f. Dissertação (Mestrado em Química na área de Físico-química), Instituto de Química. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2016.
- SILVA, B. P. **Projeto e análise de um sistema híbrido para veículos de carga**. 2018. 84 f. TCC (Graduação em Engenharia Mecânica) - Curso de Engenharia Mecânica. Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018.
- SILVA, E. L. MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 3. ed. Florianópolis: Laboratório de Ensino a Distância da UFSC, 2001.
- SINDIROCHAS. **Manual de Caracterização, Aplicação, Uso e Manutenção das Principais Rochas Comerciais no Espírito Santo**. 1. ed. Espírito Santo: Instituto Euvaldo Lodi – IEL, 2013. Disponível em: <http://www.sindirochas.com/arquivos/manual-rochas.pdf>. Acesso em: 12 abr. 2019.
- ZANOTTI, Á. **Caminhão carregado com granito tomba na BR-101 em Guarapari, ES**. 2013. Portal G1 de notícias. Disponível em: <http://g1.globo.com/espírito-santo/noticia/2013/04/caminhao-carregado-com-granito-tomba-na-br-101-em-guarapari-es.html>. Acesso em: 12 abr. 2019.