**Insper**

Mestrado Profissional em Administração

GUILHERME VILLAR LIMEIRA

# O impacto do monitoramento na eficiência do transporte de cargas

**São Paulo**

2020

GUILHERME VILLAR LIMEIRA

# O impacto do monitoramento na eficiência do transporte de cargas

Dissertação apresentada ao programa de Mestrado Profissional em Administração como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Administração.

Área de Concentração: Estratégia

Orientador: Prof. Dr. Guilherme S. Martins

Coorientador: Prof. Dr. Rinaldo Artes

**São Paulo**

2020

Limeira, Guilherme Villar.

O impacto do monitoramento na eficiência do transporte de cargas / Guilherme Villar Limeira – São Paulo, 2020. 56f.

Dissertação (Mestrado – Programa de Mestrado Profissional em Administração) - Insper
Orientador: Guilherme Martins

1. Teoria da agência. 2. Problema agente-principal
3. Monitoramento 4. Telemetria 5.Gestão de motoristas

GUILHERME VILLAR LIMEIRA

O impacto do monitoramento na eficiência do transporte de cargas

Dissertação apresentada ao programa de Mestrado Profissional em Administração como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Administração. Área de Concentração: Estratégia

Orientador: Prof. Dr. Guilherme Martins

Coorientador: Prof. Dr. Rinaldo Artes

**Banca Examinadora**

_____

Prof. Dr. Guilherme Martins
Insper

_____

Prof. Dr. Rinaldo Artes
Insper

_____

Prof. Dr. André Luiz de Castro Duarte
Insper

_____

Prof. Dr. Ricardo Silveira Martins
UFMG

**São Paulo**

2020

Aos meus pais, Tito e Lúcia Helena, irmãos, João e Juliana e sobrinhas, Laurinha e Gigi e, especialmente, à minha esposa, Bruna. Sem eles nada faria sentido.

**Agradecimentos**

A Alex, Gustavo e Paulo que sempre incentivaram esta pesquisa.

Ao Professor Jorge Ikawa por seu suporte estatístico.

Ao Professor Dr. Guilherme Martins pela orientação concedida durante todo o processo.

Ao Professor Dr. Rinaldo Artes pelo suporte e dedicação na construção e revisão do trabalho.

## Resumo

O objetivo deste estudo é verificar de forma empírica o impacto do monitoramento da operação dos motoristas de caminhão por meio de sistemas de telemetria na eficiência operacional e na redução do risco de acidentes das frotas para poder fornecer alternativas aos gerentes na busca da excelência operacional. O desafio encarado pela gestão ao tentar controlar o comportamento dos motoristas pode ser analisado de forma eficiente sob a lente do problema entre agente e principal, pois é provável que haja um desalinhamento entre as metas das transportadoras (principal) e dos motoristas (agentes). E este desalinhamento é exacerbado pela inabilidade dos gestores de supervisionar de forma direta os motoristas, gerando assim assimetria de informação em seu favor. A teoria da agência, portanto, é particularmente relevante na gestão de motoristas de caminhão na medida em que explica o uso de controles tecnológicos para tornar o comportamento dos motoristas mais observável e assim reduzir a possibilidade de comportamentos oportunistas. Para realizar esta pesquisa, foi utilizada uma base de dados de veículos comerciais contendo informações sobre a operação, configuração e aplicação de mais de 13 mil caminhões durante um ano de operação. Foram utilizados modelos econométricos de efeitos fixos e de efeitos aleatórios para dados em painel na avaliação do efeito do monitoramento sobre variáveis de desempenho caminhão. Adicionalmente, foi utilizado o método de diferenças em diferenças na tentativa de isolar o efeito do tratamento analisado. Os resultados encontrados sugerem que há uma tendência de maior utilização do monitoramento na gestão das frotas de caminhão e que há diferença no comportamento dos motoristas que são monitorados em relação aos que não são. Veículos monitorados possuem melhores indicadores tanto no âmbito da eficiência operacional quanto do comportamento seguro ao dirigir. Esta pesquisa contribui para a literatura ao quantificar o impacto do monitoramento de forma empírica, utilizando dados reais da operação.



**Palavras-chave**: telemetria, teoria da agência, problema agente-principal, monitoramento, gestão de motoristas.


## Abstract

The goal of this study is to empirically test the impact of monitoring on operational efficiency and safe driving behavior of truck drivers through telemetry systems in order to support managers to attain operational excellence. The challenge faced by management to control the behavior of drivers can be analyzed efficiently under the lens of the principal-agent problem, as it is likely that there is a misalignment between carriers (principal) and drivers (agents) goals. This misalignment is exacerbated by the inability of managers to direct supervise their drivers, generating information asymmetry in their favor. Therefore, the agency theory is particularly relevant for the truck driver management because it explains the use of technological controls to make driver's behavior more observable and reduce the possibilities of moral hazard. To carry out this research, a database of commercial vehicles was used, including information from operation, configuration and application of more than 13 thousand trucks over a year period. Econometric models of fixed and random effects were used for panel data to evaluate the effect of monitoring on truck performance variables. Additionally, the method of differences in differences was used in an attempt to isolate the effect of the analyzed treatment. The results found suggest that there is a trend towards greater use of monitoring in truck fleets and that there is a difference in the behavior of drivers who are monitored in relation to those who are not. Monitored vehicles have better indicators in terms of both operational efficiency and safe driving behavior. This research contributes to the literature when it quantifies the impact of monitoring in an empirical way, using real operational data.

**Keywords**: telemetry, agency theory, principal-agent problem, monitoring, driver management.

## Resumo executivo

Os custos logísticos correspondem a uma parcela significativa da composição final dos preços. Preço baixo para o mesmo produto é considerado uma vantagem competitiva relevante que pode resultar em mais vendas e melhor resultado financeiro. Assim sendo, reduzir os custos com as operações logísticas é fundamental para melhorar os resultados operacionais da maioria das empresas em diversos setores. Dentro dos custos logísticos, o custo de transporte é a atividade logística mais importante, uma vez que ela absorve, em média, de um a dois terços de todos os custos logísticos. Diante disso, há uma tendência em que as empresas aumentem cada vez mais a demanda por serviços de fretes mais baratos, confiáveis, seguros e rápidos. Não surpreendente, o ambiente de negócios das transportadoras pode ser caracterizado como altamente competitivo e desafiador. Nesse cenário competitivo, a habilidade com que uma transportadora atende a esses critérios citados acima depende, inevitavelmente, em quão bem os motoristas desempenham suas funções. Confiabilidade no prazo de entrega, tempo total de envio, cuidado no envio das cargas, taxas mais baixas e a cooperação com os funcionários das empresas contratantes são critérios de seleção utilizados pelas empresas que contratam os fretes e, portanto, são pontos de atenção e controle das transportadoras.

O desafio encarado pela gestão ao tentar controlar o comportamento dos motoristas pode ser analisado de forma eficiente sob a lente do problema entre agente e principal, pois é provável que haja um desalinhamento entre as metas das transportadoras (principal) e dos motoristas (agentes). E este desalinhamento é exacerbado pela inabilidade dos gestores de supervisionar de forma direta os motoristas, gerando assim assimetria de informação em seu favor. A teoria da agência, portanto, é particularmente relevante na gestão de motoristas de caminhão na medida em que explica o uso de controles tecnológicos para tornar o comportamento dos motoristas mais observável e assim reduzir a possibilidade de comportamentos oportunistas.

A telemetria é uma ferramenta cada vez mais presente na gestão dos motoristas de caminhão, seu objetivo principal é fornecer às transportadoras informações em tempo real e históricas sobre a eficiência do veículo, o consumo de combustível e as horas de serviço. Os dados operacionais coletados também fornecem informações sobre a segurança dos hábitos de direção dos motoristas, permitindo que eles melhorem seus comportamentos ao dirigir. Essas informações podem ser utilizadas pelas transportadoras para alinhar os incentivos e reduzir os custos de agência.

O objetivo deste estudo é testar de forma empírica o impacto do monitoramento da operação dos motoristas através de sistemas de telemetria na redução do consumo de combustível e na redução do risco de acidentes das frotas para poder fornecer alternativas aos gerentes na redução de custos operacionais.

Para realizar este estudo, foi utilizada uma base de dados com mais de 13 mil veículos comerciais em operação no Brasil durante todos os meses do ano de 2019. Os dados estão dispostos em painel e cada observação corresponde à média mensal dos parâmetros de operação de um caminhão. Foram utilizados modelos econométricos de efeitos fixos e de efeitos aleatórios para dados em painel na avaliação do efeito do monitoramento sobre variáveis de desempenho caminhão. De forma complementar, o impacto do monitoramento no comportamento de direção dos motoristas foi analisado sob a ótica de um experimento natural, isto é, dois grupos de caminhões foram selecionados, sendo um controle (2360 caminhões) e outro tratamento (164 caminhões). O grupo de controle foi composto pelos caminhões que não foram monitorados em nenhum dos doze meses de observação e o grupo de tratamento foi composto pelos caminhões que não foram monitorados nos seis primeiros meses (janeiro a junho) e passaram a ser monitorados nos últimos seis (julho a dezembro).

Os resultados obtidos confirmaram que o monitoramento afetou o comportamento de condução dos motoristas, ou seja, veículos monitorados possuíram melhores indicadores tanto no âmbito da redução de custos operacionais quanto do comportamento seguro ao dirigir. A melhoria na eficiência do transporte de cargas devido exclusivamente ao monitoramento pode ser atribuída com mais segurança ao consumo de combustível (desempenho), pois este indicador está sujeito a um grande controle por parte das empresas e a tendência de que as informações obtidas através do monitoramento tenham sido utilizadas para alinhamento de incentivos é maior. Isso porque, há uma forte competição por preço entre as transportadoras e o consumo de combustível é o maior componente variável de custo no setor de transportes. Apesar dos resultados, o impacto do monitoramento pode certamente ser influenciado por outros fatores, por exemplo, por como as empresas utilizam a informação obtida, qual a importância dada para a variável monitorada, quais os incentivos e punições aplicados se as metas não forem atingidas, por isso não é possível concluir que a estratégia de monitoramento de forma isolada é a melhor solução para solucionar os desafios de gestão oriundos da relação entre motorista e gerente de frota. É possível extrair deste estudo, no entanto, que há uma tendência de

maior utilização do monitoramento na gestão das frotas de caminhão e que esta ferramenta tem um grande potencial na redução de custos operacionais.

Ao fazer um simples exercício com os dados deste trabalho, pode-se ter uma melhor ideia do impacto financeiro de pequenas reduções no consumo de combustível para as transportadoras. Seja uma frota média composta por 50 veículos não monitorados e que cada veículo rode, em média, 9000 km/mês. Em um ano, esta frota terá rodado mais de 5 milhões de quilômetros e se considerarmos o desempenho médio dos veículos igual a 2,30 km/l, ao fim dos doze meses a frota terá consumido mais de 2 milhões de litros de *diesel*, que corresponde a um custo aproximado de 7 milhões de reais. Ao aplicar o monitoramento, se considerarmos um aumento no desempenho da ordem de 5% assim como o que foi obtido no presente estudo, a transportadora pode obter economias anuais da ordem de 350 mil reais. Mesmo considerando um custo mensal de 100 reais por caminhão monitorado, a contratação do serviço pode ser uma estratégia relevante para redução de custo operacional. Por fim, espera-se que os resultados obtidos neste trabalho sirvam de base para um melhor entendimento do uso da ferramenta do monitoramento e de práticas de gestão em busca da excelência operacional.

**Sumário**

1. Introdução ..... 9
2. Revisão de Literatura ..... 12
   2.1. Conflito de agência e teorias complementares ..... 12
   2.2. Mecanismos de controle organizacional ..... 15
   2.3. Monitoramento, consequências e controle excessivo ..... 16
3. Hipóteses ..... 20
4. Metodologia ..... 25
   4.1. Base de dados ..... 25
5. Análise dos resultados ..... 28
   5.1. Análise descritiva ..... 28
      5.1.1. Diferenças entre os grupos monitorados e não monitorados ..... 33
   5.2. Teste das hipóteses ..... 35
6. Considerações finais ..... 39
7. Limitações e sugestões de estudos futuros ..... 41
   Referências ..... 43
   Apêndice A ..... 49
   Apêndice B ..... 50

# 1. Introdução

Os custos logísticos correspondem a uma parcela significativa da composição final dos preços de um produto, podendo chegar, em algumas indústrias, a até um terço do valor total (Farahani, Asgari e Davarzani, 2009). Preço baixo para o mesmo produto é considerado uma vantagem competitiva relevante que pode resultar em mais vendas e melhor resultado financeiro (Besanko et al., 2012). Assim sendo, reduzir os custos com as operações logísticas é fundamental para melhorar os resultados operacionais da maioria das empresas em diversos setores.

Dentro dos custos logísticos, o custo de transporte é a atividade logística mais importante, uma vez que ela absorve, em média, de um a dois terços de todos os custos logísticos (Fundação Dom Cabral, 2018; Ballou, 2006). Diante disso, há uma tendência em que as empresas aumentem cada vez mais a demanda por serviços de fretes mais baratos, confiáveis, seguros e rápidos (Premeaux, 2002; Voss et al., 2006). Não surpreendente, o ambiente de negócios das transportadoras pode ser caracterizado como altamente competitivo e desafiador (Mello e Hunt, 2009).

Nesse cenário competitivo, a habilidade com que uma transportadora atende a esses critérios citados acima depende, inevitavelmente, em quão bem os motoristas desempenham suas funções (Bode et al., 2011; Keller, 2002). Os motoristas de caminhão empregados pelas transportadoras impactam a maioria dos critérios de seleção utilizados pelas empresas que contratam os fretes. Esses critérios incluem a confiabilidade no prazo de entrega, o tempo total de envio, o cuidado no envio das cargas, taxas mais baixas e a cooperação com os funcionários das empresas contratantes (Mello e Hunt, 2009).

O desafio encarado pela gestão ao tentar controlar o comportamento dos motoristas pode ser analisado de forma eficiente sob a lente do problema entre agente e principal, pois é provável que haja um desalinhamento entre as metas das transportadoras (principal) e dos motoristas (agentes). E este desalinhamento é exacerbado pela inabilidade dos gestores de supervisionar de forma direta os motoristas, gerando assim assimetria de informação em seu favor (Jacobides e Croson, 2001). A teoria da agência, portanto, é particularmente relevante na gestão de motoristas de caminhão na medida em que explica o uso de controles tecnológicos para tornar o comportamento dos motoristas mais observável e assim reduzir a possibilidade de comportamentos oportunistas.

O custo de observar, verificar e comunicar informações é a base para praticamente todas as teorias econômicas das organizações. Esses custos determinam regimes de remuneração, definições de trabalho e outras variáveis organizacionais (Hubbard, 2000). Tecnologias que reduzam esses custos, portanto, devem modificar diretamente a operação das empresas. Tecnologias de monitoramento que observam o movimento dos veículos e permitem contato direto com os motoristas, como computadores de bordo, comunicação via satélite, sistema de geolocalização e sistemas automáticos de identificação veicular têm se mostrado eficientes em reduzir de forma significativa os acidentes, o custo por quilômetro e o percurso fora de rota (Camden et al., 2020; Hubbard, 2000).

O objetivo principal do sistema de monitoramento nos caminhões é fornecer às transportadoras informações em tempo real e históricas sobre a eficiência do veículo, o consumo de combustível e as horas de serviço, mas não só isso, os dados operacionais coletados também fornecem informações sobre a segurança dos hábitos de direção dos motoristas, permitindo que eles melhorem seus comportamentos ao dirigir (Mabry et al., 2019). Os computadores de bordo fornecem informações de quando os motoristas ligam e desligam o caminhão, quanto tempo o veículo está em marcha lenta, a sua velocidade máxima média, o peso médio transportado, entre vários outros parâmetros. Essas informações podem ser utilizadas pelas transportadoras para alinhar os incentivos e reduzir os custos de agência (Hubbard, 2000).

No setor de transportes, reduções percentuais pequenas, da ordem de um por cento no consumo de combustível obtidas através do correto comportamento de direção dos motoristas, apesar de discretas, geram reduções expressivas no custo total da operação logística por conta do tamanho das frotas e da alta rodagem dos veículos (Sergio et al., 2018 e Neves et al., 2019).

Dada a importância do papel do motorista de caminhão, o objetivo deste estudo é testar de forma empírica o impacto do monitoramento da operação dos motoristas através de sistemas de telemetria na eficiência operacional e na redução do risco de acidentes das frotas para poder fornecer alternativas aos gerentes na busca da excelência operacional.

Para realizar este estudo, foi utilizada uma base de dados de veículos comerciais em operação no Brasil, fornecida por uma montadora referência no setor. A amostra contém informações sobre a operação, configuração e aplicação de mais de 13 mil caminhões durante todos os meses do ano de 2019. Os dados estão dispostos em painel e cada observação corresponde à média mensal dos parâmetros de operação de um caminhão.

Foram utilizados modelos econométricos de efeitos fixos e de efeitos aleatórios para dados em painel na avaliação do efeito do monitoramento sobre variáveis de desempenho caminhão. Adicionalmente, foi utilizado o método de diferenças em diferenças na tentativa de isolar o efeito do tratamento analisado.

Os resultados encontrados sugerem que há uma tendência de maior utilização do monitoramento na gestão das frotas de caminhão e que há diferença no comportamento dos motoristas que são monitorados em relação aos que não são. Veículos monitorados possuem melhores indicadores tanto no âmbito da eficiência operacional quanto do comportamento seguro ao dirigir.

Muitas pesquisas já abordaram os desafios do gerenciamento dos motoristas de caminhão e tentaram correlacionar a aplicação de mecanismos de controle e o desempenho operacional. No entanto, a grande maioria da literatura é baseada em dados percebidos de desempenho e não dados diretos de performance. Esta pesquisa contribui para a literatura ao quantificar o impacto do monitoramento de forma empírica, utilizando dados reais da operação.

Este trabalho está dividido em cinco seções. Inicialmente é feita a fundamentação teórica que servirá de base para o entendimento do problema, posteriormente tem-se a construção das hipóteses que busca contextualizar a teoria existente com as contribuições da pesquisa e na terceira seção está detalhada a metodologia adotada para o desenvolvimento. A seção quatro discute os principais resultados e avalia as hipóteses propostas e por fim, a última seção trata das considerações finais, limitações e sugestões de trabalhos futuros.

## 2. Revisão de Literatura

Esta seção está dividida em três partes, na primeira são fornecidos conceitos teóricos para o entendimento dos mecanismos que regem a relação entre agente e principal. Na segunda parte comenta-se sobre como as organizações se estruturaram para garantir que seus

interesses fossem alcançados por meio de seus empregados e por fim quais ferramentas de monitoramento auxiliam neste objetivo e quais os seus desafios de implementação.

## 2.1. Conflito de agência e teorias complementares

A teoria da agência investiga a relação entre duas partes (agente e principal)[1] em uma organização na qual se supõe que cada uma delas busque maximizar sua utilidade, dado que há um desalinhamento entre as suas metas (Eisenhardt, 1989). Devido a este desalinhamento, o problema do agente – principal foca na presença de assimetria de informações *ex ante* e *ex post* entre agente e principal, onde a assimetria de informação a favor do agente pode resultar no comportamento oportunista de sua parte (Eisenhardt, 1989). O problema *ex ante* de seleção adversa, onde o principal não pode se comprometer a fazer uma posterior investigação do agente, tem sido extensivamente estudado na área da logística através de investigações de práticas de recrutamento e seleção de motoristas (Miller et al., 2017; Lemay e Keller, 2019; Keller 2002; Suzuki et al., 2009; Laffont e Martimort, 2009). O presente estudo focou na assimetria de informação *ex post* entre o agente e o principal e o conflito que advém desta relação, que é onipresente na teoria organizacional (Sharma, 1997) e inclusive no nível intraorganizacional entre empregadores e empregados (Husted, 2007) e pode resultar em comportamento oportunista por parte do agente (Eisenhardt, 1989).

Fang et al. (2017) põem em prática a relação entre agente e principal nas pequenas e médias empresas familiares. À medida que as empresas familiares começam a se profissionalizar, surgem as dúvidas de se contratar ou não gerentes profissionais (não familiares). A partir de uma amostra com 965 empresas, Fang et al. (2017) concluíram que a resistência na contratação de gerentes profissionais será maior nas indústrias onde a assimetria de informação torna o monitoramento dos gerentes mais difícil. Enquanto que, para indústrias onde for mais fácil o monitoramento, os benefícios de se contratar um gerente profissional podem compensar o aumento nos custos de agência[2].

O aspecto mais importante da teoria da agência para este estudo é a hipótese de que o comportamento do agente pode ser monitorado por meio da informação adquirida a certo custo pelo principal (Eisenhardt, 1989). Este mecanismo, por sua vez, reduz o risco moral

---

[1] Segundo Besanko et al. (2009) todos os funcionários de uma empresa podem ser considerados agentes dos proprietários da empresa, já que todos realizam ações ou tomam decisões que podem causar um impacto sobre o *payoff* dos proprietários (principais).

[2] Segundo Besanko et al. (2009) custos de agência são os custos associados à negligência profissional e aos controles administrativos para prevenir essa negligência.

entre as partes, pois sob estas condições de monitoramento, um agente racional espera que seu comportamento carregue uma alta probabilidade de detecção e possivelmente de uma punição (Husted, 2007). Portanto, o monitoramento permite que a gestão supere o desafio de assimetria de informação dado à falta de alinhamento entre as metas do principal e agente (Eisenhardt, 1989; Panda e Leepsa, 2017; Husted, 2007).

Baseada na suposição de que tanto o principal quanto o agente tomam decisões economicamente racionais a fim de maximizar suas respectivas utilidades (Eisenhardt, 1989), a teoria da agência isoladamente não é capaz de explicar o cenário no qual há gestão específica das regras e padrões de comportamento para os agentes, mas não há acompanhamento do seu cumprimento, o que significaria o desperdício de recursos. De forma semelhante, a teoria da agência também falha em explicar o fato do monitoramento excessivo gerar resultados negativos de desempenho (Mello e Hunt, 2009). Faz-se necessário, portanto, complementar a teoria da agência com outros conceitos da literatura. A teoria da psicologia reativa (Miron e Brehm, 2006) complementa a teoria da agência quando explica como o controle formal excessivo pode ter um impacto negativo no desempenho organizacional. Yost et al. (2019) concluíram a parir de dados de diversos funcionários de 238 diferentes empresas que as reações que os empregados têm em consequência do monitoramento variam em parte com a sua característica de trabalho. Especificamente, trabalhos que possuem grande autonomia, podem criar uma expectativa que os empregados não serão monitorados e, portanto, implementar o monitoramento nesses casos pode não ser a melhor estratégia para aumentar o desempenho.

Já o efeito Hawthorne é capaz de explicar casos em que há melhora no desempenho instantâneo através do monitoramento mesmo que não haja nenhum *feedback* sobre as ações do indivíduo, ou grupo monitorado (Levitt e List, 2011). Quando o Conselho Nacional de Pesquisa dos Estados Unidos iniciou uma série de experimentos na fábrica *Western Electric's* ***Hawthorne*** em Cicero, Illinois em 1924, seu objetivo era responder a uma pergunta curta e objetiva: melhor iluminação do ambiente de trabalho melhora a produtividade dos trabalhadores? Os resultados desses experimentos, no entanto, tiveram uma profunda influência na pesquisa das ciências socias desde então (Levitt e List, 2011). De acordo com Blalock e Blalock (1982), para a surpresa dos pesquisadores, todas as vezes que uma mudança na iluminação era feita, a produtividade dos trabalhadores aumentava e a partir desses experimentos, emergiu o conceito de efeito Hawthorne, o qual é definido pelo dicionário inglês de Oxford como sendo uma melhora na produtividade

dos trabalhadores resultante de uma mudança nas suas condições de trabalho causada pela sua reação à inovação ou pelo sentimento de estar sendo monitorado. Levitt e List (2011) apesar de criticar a rigidez científica com que os experimentos foram conduzidos em 1924, reconhecem que há evidências que indicam que os trabalhadores aumentam a produtividade quando sujeitos ao monitoramento.

Os experimentos que envolvem o efeito Hawthorne continuam servindo de base para estudos que abordam o impacto do tratamento no desempenho humano e organizacional, por exemplo, o efeito Hawthorne foi investigado por Clark, Swan e Murrey (1988) em pesquisas relacionadas com o uso de cigarro por adolescentes em escolas norte americanas e concluiu-se que as escolas que vinham sendo pesquisadas por cinco anos consecutivos apresentaram taxas menores de fumantes entre jovens do que escolas escolhidas pela primeira vez, ou seja, o processo repetitivo de mensurar este comportamento pode certamente alterá-lo devido apenas ao fato de haver um monitoramento, mesmo que nenhum *feedback* tenha sido fornecido.

Por fim, a teoria do operante condicional sugere que existe um método de aprendizado baseado em recompensas e punições para o comportamento. Através do operante condicional, um indivíduo faz uma associação entre um comportamento particular e uma consequência (Blackman, 2017). A teoria do operante condicional auxilia o entendimento dos casos em que há a implementação de regras e procedimentos e há o monitoramento e a aplicação de consequências contingentes. Para casos em que nenhum feedback referente ao comportamento é fornecido, nenhuma melhoria é observada e em alguns casos há inclusive uma queda no desempenho, (Komaki, 1998).

Após verificar a complexidade de influenciar os agentes a executarem atividades que visem o atingimento das metas do principal, é importante entender ferramentas de gestão disponíveis que busquem minimizar as assimetrias existentes e contribuam para um melhor desempenho organizacional.

## 2.2. Mecanismos de controle organizacional

Os Controles organizacionais são parte integrante da forma na qual as organizações funcionam (Cardinal et al., 2010;  Sihag e Rijsdijk, 2019). Controles são definidos como qualquer processo no qual os controladores motivam e direcionam os controlados a se comportarem de forma alinhada com os objetivos dos controladores (Cardinal et al., 2010; Kirsch, 2004 Sihag e Rijsdijk, 2019).

Segundo Flamholtz (1985), no desafio de obter controle sob o comportamento das pessoas, a maioria das organizações utiliza uma combinação de mecanismos, incluindo supervisão pessoal, procedimentos operacionais padrão, descrição de função, medição do desempenho e sistemas de recompensa. Todos esses mecanismos juntos constituem o sistema de controle organizacional.

Enquanto as organizações têm tarefas e metas que gostariam de executar, a execução não é simples nem assegurada (Verburg, 2018). Ainda segundo Verburg (2018), os membros das organizações nem sempre trabalham em prol dos objetivos organizacionais, têm domínio sob suas atividades ou trabalham de forma cooperativa com outros. Como forma de garantir que os empregados trabalhem para atingir os objetivos, as organizações instituem mecanismos de controle em combinações e padrões particulares.

Os padrões de uso dos controles diferem de acordo com uma série de fatores. O uso do controle pode variar pela ocupação, nível hierárquico ou pelo tipo de organização (Guinot, 2019). Mecanismos de controle estão relacionados entre si de várias formas. Mecanismos de controle podem ser substitutos de outros controles, podem influenciar outros controles e podem eventualmente reduzir o efeito de outros controles (Miller et al., 2013). Isto é, alguns mecanismos de controle são substitutos, complementos ou substituições uns dos outros (Verburg, 2018).

Os controles formais são mecanismos escritos, originários de práticas de gestão e criados para alinhar os comportamentos dos empregados com os objetivos da firma (Lemay e Keller, 2019). A criação de padrões operacionais e recompensas por desempenho são exemplos de controles formais. Já os controles informais não são escritos, são originários dos empregados e influenciam seus comportamentos. O fornecimento de suporte organizacional e a criação de uma cultura de apoio aos empregados são exemplos de controles informais. (Jaworski, 1988).

Jaworski e Macinnis (1989) desenvolveram um esquema didático da gestão e controle para a força de vendas com base em entrevistas com profissionais sêniores da área de marketing. O *framework* organizacional proposto pelo autor faz a conexão entre o contexto do ambiente, tipos de controle e consequências. No estudo foram identificadas variáveis para cada área acima e foi mostrado como elas têm uma função clara na modelagem do desenvolvimento de controles e na moderação da modelagem dos efeitos dos controles. Adicionalmente, foi desenvolvida a noção de duas classes amplas de controle: controles formais e informais e seis tipos de controle específicos: entrada,

processo, saída, auto, social e cultural. Por fim, o autor conclui que os controles podem ter consequências para o indivíduo, por exemplo, psicológica, funcional, comportamental e de desempenho, e para a unidade ampla de vendas.

Sihag e Rijsdijk (2019) foi além da classificação dos tipos de controles organizacionais e propôs uma meta-análise para sintetizar a efetividade de controles formais e informais no desempenho. O estudo analisou 23,839 relações de desempenho entre os controles a partir de 120 amostras independentes e concluiu que a combinação dos controles formais e informais geralmente aumenta o desempenho, com cada controle tendo um efeito diferente no desempenho. Os autores concluíram também que os controles funcionam como um complemento um do outro e, segundo eles, esses achados indicam que uma forma de controle aumenta a efetividade de outras formas de controle. Adicionalmente, as relações entre controle e desempenho foram analisadas em diferentes contextos e indústrias e os resultados mostraram que há uma variação de acordo com o tipo do trabalho exercido.

Após verificar os mecanismos clássicos de controle organizacional que contribuem para direcionar os agentes a se comportarem de forma alinhada com os objetivos do principal, é importante considerar novas ferramentas que buscam reduzir ainda mais a assimetria de informação entre o agente e o principal, bem como entender os impactos de sua implementação no comportamento dos agentes.

### 2.3. Monitoramento, consequências e controle excessivo.

O monitoramento eletrônico de desempenho (MED) se refere a sistemas organizacionais que utilizam a tecnologia para armazenar, analisar e reportar dados do comportamento dos empregados para avaliar desempenho e observar ações *on the job* (Alge, 2001). Desde câmeras de segurança a sistemas de geolocalização, aproximadamente 80% das organizações utilizam algum tipo de MED na atualidade (Tomzcat, Lanzo e Aguinis, 2018).

Staats et al. (2016) avaliaram a utilização de sistemas MED para analisar o cumprimento de processos internos de higiene das mãos em 71 hospitais e concluiu que o monitoramento eletrônico individual resultou em um aumento substancial do cumprimento do procedimento. Depois de observarem as taxas de cumprimento do padrão por mais de três anos, os autores constataram que as taxas de aderência inicialmente aumentam após o monitoramento antes de sofreram um decaimento gradual. Adicionalmente, o sistema de MED foi descontinuado em vários hospitais e, de forma

surpreendente, foi constatado que as taxas de cumprimento dos procedimentos caíram para níveis menores do que os antes da implementação do monitoramento. Por fim, os autores concluíram que o sistema de MED pode de fato melhorar dramaticamente o cumprimento de procedimentos operacionais, mas é necessário que haja um compromisso gerencial sustentável.

Apesar dos benefícios organizacionais do MED, esses sistemas podem ter efeitos adversos na satisfação e comportamento dos empregados, no comprometimento organizacional e na percepção de justiça (Tomzcat, Lanzo e Aguinis, 2018). A forma com que o MED é implementado e comunicado é crucial, pois é sabido que na área de pesquisa organizacional as atitudes dos empregados são reflexos dos seus comportamentos (Ajzen, 2001). Se implementado de forma inapropriada, empregados podem ter atitudes negativas frente à organização que podem por sua vez levar à queda do desempenho e/ou ao engajamento em comportamentos contra produtivos, a um custo que pode superar em demasia os benefícios esperados da aplicação do MED (Tomzcat, Lanzo e Aguinis, 2018). Alguns exemplos de efeitos negativos à aplicação de MED são observados em vários estudos. McNall e Stanton (2011) realizaram um experimento com 208 estudantes universitários e concluíram que o monitoramento da localização no trabalho gera um sentimento de invasão de privacidade e esse sentimento é exacerbado pelos indivíduos que não possuem a opção de desligar o monitoramento nos momentos fora do horário de trabalho.

Aiello & Kolb (1995) realizaram um estudo com 202 estudantes de graduação que consistiu no monitoramento de uma atividade de entrada de dados. Após a realização do experimento, os autores constataram que o monitoramento gera um senso de apreensão nos indivíduos monitorados e os resultados indicaram que indivíduos menos capacitados tendem a piorar o seu desempenho quando são monitorados, enquanto que os indivíduos mais capacitados tendem a melhorar o seu desempenho. Neste mesmo estudo, Aiello & Kolb (1995) concluíram que o monitoramento gera níveis de estresse mais elevados entre os indivíduos e que o monitoramento de novos empregados que ainda não estão familiarizados com suas tarefas acarreta pior desempenho e maior estresse.

As organizações ao seguirem algumas recomendações de implementação de sistemas de MED podem garantir que eles sejam menos uma ameaça ao ambiente organizacional e mais uma ferramenta de melhoria para os empregados. Tomzcat, Lanzo e Aguinis (2018)

realizaram uma revisão da literatura e chegaram a cinco recomendações baseadas em evidência que seguem abaixo.

1. *Seja transparente com os funcionários sobre a utilização do MED:* informe aos funcionários caso eles estejam sendo monitorados; as reações mais negativas resultam de empregados que não estão cientes do monitoramento. Esteja aberto para ouvir a opinião dos empregados em relação ao monitoramento e se for possível, adapte o sistema de acordo com as suas necessidades.
2. *Esteja atento a todas as possíveis reações dos empregados monitorados:* implemente o sistema apenas se o monitoramento for indispensável para o funcionamento da organização. Garanta que o sistema de MED seja o menos invasivo possível. Entenda que o monitoramento ativo (uso em tempo real do computador) é considerado mais invasivo do que monitoramento passivo (monitoramento de e-mails) e que a invasão de privacidade leva a comportamentos de trabalho não producentes (roubo e absenteísmo)
3. *Utilize o MED para aprendizado e desenvolvimento ao invés de punição:* Garanta que o sistema de MED está instrumentalizado para abordar indicadores de desempenho tanto de forma quantitativa quanto qualitativa.
4. *Restrinja o uso de MED apenas para comportamentos de trabalho:* crie uma distinção clara entre os dados coletados para programas de bem-estar e dados utilizados para o gerenciamento do desempenho. Evite utilizar dados de geolocalização quando os empregados estão fora da jornada de trabalho.
5. *Considere as particularidades organizacionais do trabalho:* garanta que o sistema de MED seja claramente descrito e comunicado para todos os níveis da organização. Este ponto é particularmente importante para empresas maiores para facilitar a percepção de justiça. Considere as características do trabalho, trabalhos mais complexos que exigem mais liberdade e autonomia precisam de um sistema de MED mais flexível e que não bloqueie atividades cruciais.

Por fim, os sistemas de MED oferecem múltiplos serviços úteis para as organizações, incluindo a gestão de desempenho e relatórios de produtividade, no entanto há uma série de fatores a serem considerados antes da sua implementação (Tomzcat, Lanzo e Aguinis, 2018). Essas descobertas reforçam a ideia de que a tecnologia não é uma panaceia na

melhora do desempenho organizacional e que sua contribuição para as organizações é moderada pela forma na qual é utilizada (Alder e Ambrose, 2005).

## 3. Hipóteses

O ambiente de negócios das transportadoras pode ser caracterizado como altamente incerto e desafiador (Mello e Hunt, 2009). A tendência de *servitização* das montadoras de veículos comerciais que representa uma mudança na proposta de valor antes centrada no produto e agora direcionada para a oferta de diferentes serviços, inclusive serviços logísticos (Mattos, 2012) e a consolidação da indústria (Lieb e Lieb, 2010) intensificaram a competição no setor. Segundo Mello e Hunt (2009), a volatilidade no preço do combustível e as recessões da economia pressionaram as transportadoras em colocar maior ênfase no controle de custos para que pudessem se manter competitivas. Isto porque, os custos logísticos compõem grande parte do preço final dos produtos e preço

baixo para o mesmo produto é considerado uma vantagem competitiva relevante que pode resultar em mais vendas e melhor resultado financeiro para as empresas (Farahani, Asgari e Davarzani, 2009).

Segundo Oliveira e Melo (2019) os custos diretos do transporte são aqueles relacionados com a função produtiva, sendo eles: depreciação do veículo, remuneração do capital, salário dos motoristas, cobertura de risco, combustível, lubrificação, pneus e licenciamento. A tabela abaixo apresenta a comparação entre um país da OCDE (Estados Unidos) e um país do BRICS (Brasil) quanto à composição dos custos envolvidos no transporte rodoviário.

Tabela 1 – Composição dos custos de transporte rodoviário

| Itens de Custo | EUA | Brasil |
|---|---|---|
| Motorista | 30% | 16% |
| Veículo | 20% | 19% |
| Combustível | 19% | 26% |
| Pneus | 3% | 11% |
| Manutenção | 8% | 14% |
| *Overhead* | 20% | 14% |

Fonte: Oliveira e Melo (2019).

No segmento de transporte rodoviário de cargas, o maior insumo e, portanto, maior custo variável, é o combustível. Este percentual é relativamente alto dentre todas as despesas e qualquer mudança pode fazer diferença no resultado da empresa (Oliveira e Melo, 2019). Segundo Arruda e Júnior (2014) os combustíveis correspondem por até 38% dos custos de fretes rodoviários. Sergio et al. (2018) e Neves et al. (2019) realizaram estudos empíricos mostrando o impacto de pequenas reduções percentuais no consumo de combustível na operação logística das transportadoras. Segundo os autores, os ganhos, apesar de serem relativamente pequenos, da ordem de 2 a 10 por cento, geram reduções expressivas em custo devido ao tamanho das frotas e a alta rodagem dos veículos. No estudo proposto por Valeretto (2018), por exemplo, o impacto da redução de 6,64% no consumo de combustível pode chegar a uma economia anual de mais de 12 mil reais por caminhão. O experimento realizado pelo autor analisou uma frota de caminhões de distribuição de combustíveis líquidos durante o ano de 2013.

O fator humano, portanto, vem sendo cada vez mais exigido, no sentido de contribuir com os objetivos econômicos e ambientais da operação, já que a forma de condução influencia diretamente nos resultados operacionais do caminhão e, em especial, no consumo de combustível (Arruda e Júnior, 2014). Segundo Saldanha, Hunt e Mello (2013) o

desempenho dos motoristas é crucial para a excelência operacional das operações logísticas. Adicionalmente, os motoristas são os maiores responsáveis por acidentes de trânsito envolvendo caminhões (Hickman, Hanowski e Bocanegra, 2018). Mundialmente mais de 1,25 milhão de pessoas morrem nas estradas todos os anos e cerca de 65% das fatalidades envolvem veículos pesados (O'Neill e Mohan, 2020). Além de todo o fator psicológico atrelado aos acidentes de trânsito, os impactos financeiros associados são extremamente significativos e podem chegar à ordem de bilhões de dólares para as empresas (Probst, Bettac e Austin, 2019).

Garantir que os motoristas cumprirão com suas atividades de modo a atender às expectativas dos clientes e a assegurar os objetivos estratégicos das transportadoras, torna-se desafio de gestão importante encarado pelas empresas do setor. O que torna este desafio ainda mais complexo é o fato dos motoristas operarem os veículos sem supervisão direta e por serem conhecidos em valorizar sua autonomia (Douglas et al., 2019) e ainda por exercitarem forte controle sob suas atividades (Belman e Monaco, 2001). Nesse cenário competitivo, a habilidade com que uma transportadora oferece um serviço de qualidade a um custo baixo depende, inevitavelmente, em quão bem os motoristas desempenham suas funções (Bode et al., 2011).

No contexto dos veículos comerciais, novas tecnologias de monitoramento fornecem informações importantes sobre o comportamento dos motoristas e possibilitam que os gestores de frotas tenham uma ferramenta efetiva para melhor prevenir acidentes de trânsito e aumentar a eficiência operacional dos veículos (Hickman, Hanowski e Bocanegra, 2018). O objetivo principal do sistema de monitoramento nos caminhões é fornecer às transportadoras informações em tempo real e históricas sobre a eficiência do veículo, consumo de combustível e horas de serviço, mas não só isso, os dados operacionais coletados também fornecem informações sobre a segurança dos hábitos de direção dos motoristas, permitindo que eles melhorem seus comportamentos ao dirigir (Mabry et al., 2019). Além disso, essas informações podem ser utilizadas pelas transportadoras para alinhar os incentivos e reduzir os custos de agência (Hubbard, 2000).

Fortalecendo a teoria da agência, o efeito Hawthorne (Levitt e List, 2011) explica a melhoria no desempenho através do monitoramento mesmo que não haja nenhum *feedback* sobre as ações do indivíduo ou grupo monitorado. Fundamentado nos estudos acima, tem-se a construção da primeira hipótese do presente trabalho.

**$H_1$:** *O monitoramento eletrônico dos motoristas* ***aumenta*** *a eficiência operacional.*

A eficiência operacional é assinalada por dois fatores distintos neste estudo: desempenho dos veículos, sendo o desempenho nesse contexto caracterizado como a distância percorrida pelo caminhão a cada litro de combustível utilizado e a nota de condução que é fornecida pelo sistema operacional da montadora com o objetivo de desenvolver e manter um hábito de direção que reduz o consumo de combustível e o desgaste do veículo. Há inúmeros fatores que afetam a composição da nota de condução. O sistema analisa situações básicas de operação e atribui uma pontuação baseada no comportamento esperado em quatro categorias:

1. *Trecho de serra: n*essa categoria o sistema avalia quão bem o motorista dirige em um terreno íngreme. A avaliação é baseada na habilidade em que o motorista utiliza o acelerador e os freios e como ele utiliza a energia cinética fornecida pelas serras.
2. *Antecipação*: nessa categoria o sistema avalia quão bem o motorista antecipa a frenagem e se ele inicia a frenagem no momento correto.
3. *Utilização dos freios*: nessa categoria o sistema avalia se o motorista seleciona o método correto de frenagem e quão bem ele aplica os freios. O uso de freio motor e sistemas auxiliares de freio resultam em uma maior pontuação
4. *Escolha de marchas*: nessa categoria o sistema avalia quão bem o motorista escolhe as marchas. A escolha da marcha que resulta em menor consumo de combustível recebe uma pontuação alta.

A média ponderada dessas competências, portanto, compõe uma nota total que é armazenada e fica disponível para consulta. Notas maiores significam formas de condução que elevam a vida útil dos componentes mecânicos, reduzindo assim os custos de manutenção e contribuem também para um melhor consumo de combustível.

Anualmente, mais de um milhão de pessoas morrem no trânsito, fazendo do transporte rodoviário o oitavo maior responsável por mortes no mundo (Hickman, Hanowski e Bocanegra, 2018). Hanowski et al. (2011) investigaram as causas e fatores contribuintes para acidentes envolvendo veículos comerciais pesados e descobriram que a grande maioria das causas críticas designadas aos motoristas eram erros na condução causados por um comportamento inseguro ao volante.

Hickman, Hanowski e Bocanegra (2018), Hanowski *et al.* (2011), Horrey *et al.* (2012), Rakotonirainy *et al.* (2015), Michalaki *et al.* (2015), Anderson *et al.* (2017) e Hickman

*et al.* (2009) definem comportamento inseguro de condução, o ato de dirigir acima da velocidade permitida da via, realizar manobras abruptas ao volante, não respeitar uma distância de segurança do veículo à frente, acelerações e frenagens bruscas, dentre outros.

Se um motorista está desatento, excedendo o limite de velocidade ou muito próximo do veículo à frente e uma situação crítica é iminente, é provável que ele precise frear bruscamente para evitar um acidente (Horrey et al., 2012). Por esta razão, os eventos envolvendo frenagens bruscas são frequentemente utilizados para identificar situações críticas de segurança (Hanowski et al., 2005; Olsen et al., 2009; Zovar et al., 2014). Idealmente, os motoristas devem antecipar a ocorrência de uma situação crítica de forma que não precisem frear de forma abrupta (Horrey et al., 2012). Além disso, um aumento de velocidade não aumenta apenas a probabilidade de se envolver em um acidente de trânsito, mas também agrava a severidade dos acidentes (Rune, 2004).

Toledo et al. (2008) estabeleceram um índice de risco que consiste em uma medida numérica que busca indicar o risco que um motorista tem de se envolver em um acidente em um certo período de tempo. Este índice é calculado como uma função linear da quantidade e da severidade de várias ações realizadas pelos motoristas, por exemplo, mudança de faixa, frenagem brusca e excesso de velocidade

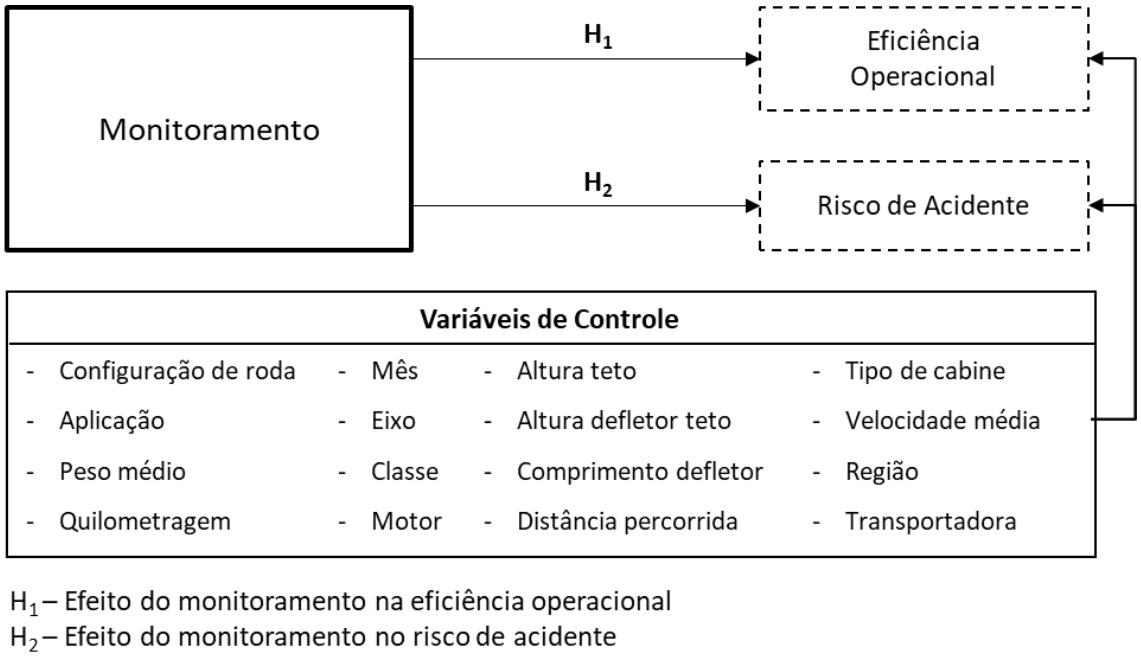
Segundo Mabry et al. (2019), novas tecnologias de monitoramento fornecem informações importantes sobre o comportamento dos motoristas e possibilitam que os gestores de frotas tenham uma ferramenta efetiva para melhor prevenir acidentes de trânsito. E é vinculada a este estudo acima que a seguinte hipótese será testada:

**$H_2$:** *O monitoramento eletrônico dos motoristas* ***reduz*** *o risco de acidentes.*

O risco de acidentes é assinalado por dois fatores distintos neste estudo: a velocidade máxima média dos veículos em km/h e o número de frenagens bruscas a cada 100 km.

Abaixo segue o modelo dos construtos que sintetiza todas as hipóteses propostas.

Esquema 1 – Construtos.




$H_1$ – Efeito do monitoramento na eficiência operacional
$H_2$ – Efeito do monitoramento no risco de acidente

Fonte: Elaborado pelo autor.

## 4. Metodologia

Este trabalho é um estudo quantitativo a partir do uso de dados primários da operação de veículos comerciais. Utilizou-se uma base de dados contendo informações sobre a operação, configuração e aplicação de mais de 13 mil caminhões em circulação no Brasil. O acesso a essas informações foi concedido por uma montadora referência no setor de veículos comerciais pesados. Seguindo o mesmo critério proposto por Mello e Hunt (2013), frotas pequenas foram excluídas da base de dados e apenas frotas com mais de dez caminhões foram consideradas.

## 4.1. Base de dados

Os caminhões analisados dispõem de um equipamento de armazenamento e transferência de dados operacionais sem fio capaz de armazenar e transmitir dados em intervalos de dez minutos. Sensores e dispositivos no veículo são capazes de obter informações sobre aceleração, consumo de combustível, velocidade, peso, distância percorrida e tempo de operação. Os dados são coletados e armazenados no servidor da montadora e por meio de um sistema interno foi possível selecionar as variáreis dependentes e independentes de interesse e gerar o arquivo de dados.

A base de dados em estudo constitui-se de um painel desbalanceado dos valores médios mensais de variáveis de operação, configuração e aplicação dos caminhões, além de conter a informação se o caminhão é monitorado pela transportadora ou não. A base é referente à operação durante os doze meses do ano de 2019 e é constituída pelas informações extraídas de caminhões fabricados entre 2012 e 2019.

As variáveis de controle disponíveis são compostas de variáveis discretas e invariantes no tempo e variáveis contínuas variantes no tempo. As variáveis de controle discretas e invariantes no tempo são compostas por características observáveis dos caminhões: cabine, motor, configuração de roda e eixo e defletor de ar, características observáveis da aplicação em que os veículos estão sujeitos (transporte rodoviário, distribuição, mineração e madeira) e a severidade da aplicação (leve, média ou pesada). As variáveis de controle contínuas e variantes no tempo que compõem as variáveis observáveis dos caminhões e suas respectivas aplicações são representadas pela velocidade média, distância mensal percorrida, quilometragem total e peso médio transportado. Na tabela 2 (Apêndice A) estão descritas todas as variáveis de controle utilizadas no estudo.

As variáveis de resposta são contínuas e variantes no tempo: desempenho, velocidade máxima média, número de frenagens bruscas e nota de condução, descrita na seção anterior. Na tabela abaixo estão dispostas as variáveis dependentes utilizadas na pesquisa.

Tabela 2 – Lista de variáveis dependentes.

| Nome | Tipo | Descrição |
|---|---|---|
| Desempenho | Contínua | Total de quilômetros rodados por litro |
| Velocidade máxima média | Contínua | Velocidade máxima média em km/h |

| | | |
|---|---|---|
| Número de frenagens bruscas | Contínua | Número de frenagens bruscas a cada 100 km |
| Nota de condução | Contínua | Nota de 0 a 1 fornecida pelo sistema |

Fonte: Elaborado pelo autor.

As hipóteses da pesquisa foram testadas utilizando duas metodologias distintas e que seguem detalhadas a seguir. De forma sucinta, a primeira análise leva em consideração toda a base de dados, já a segunda faz um recorte da população na tentativa de isolar os efeitos do monitoramento.

Devido a não homogeneidade das variáveis observáveis entre os grupos monitorados e não monitorados, fez-se necessária a utilização de uma metodologia estatística que levasse em conta a estrutura de painel desbalanceado dos dados, Wooldridge (2016) sugere o uso de modelos de regressão para dados em painel com efeito fixo e com efeito aleatório. O modelo de regressão ajustado é dado por (1).

$$Y_{it} = \beta^T x_{it} + a_i + \epsilon_{it} \quad (1)$$

sendo $Y_{it}$ a variável dependente do indivíduo i no tempo t, $\beta$ é o vetor de parâmetros (incluindo a constante), $x_{it}$ é o vetor com as variáveis explicativas do modelo para o indivíduo *i* no tempo t, $a_i$ é o efeito do indivíduo i e $\epsilon_{it}$ é o erro aleatório do indivíduo i no tempo t. O teste de Hausmann é muitas vezes utilizado para decidir se o efeito de indivíduo deve ser considerado fixo ou aleatório; no entanto, o elevado tamanho amostral favorece a rejeição da hipótese de que um modelo de efeitos aleatórios seja adequado. Desse modo, optou-se pela estimação dos dois tipos de modelos: efeitos fixos e aleatórios.

De forma complementar, o impacto do monitoramento no comportamento de direção dos motoristas foi analisado sob a ótica de um experimento natural, isto é, dois grupos de caminhões foram selecionados, sendo um controle (2360 caminhões) e outro tratamento (164 caminhões). O grupo de controle foi composto pelos caminhões que não foram monitorados em nenhum dos doze meses de observação e o grupo de tratamento foi composto pelos caminhões que não foram monitorados nos seis primeiros meses (janeiro a junho) e passaram a ser monitorados nos últimos seis (julho a dezembro). Esquematicamente, de modo simplificado, pode-se representar o procedimento a partir da seguinte tabela. Considere A e B os valores esperados da variável dependente de interesse para o grupo controle em diferentes instantes de tempo e C e D os valores

esperados da variável dependente de interesse para o grupo tratamento em diferentes instantes de tempo.

Tabela 3 – Valores esperados da variável dependente para os grupos controle e tratamento.

| | Antes | Depois | *Diferenças* |
|---|---|---|---|
| Controle | A | B | A-B |
| Tratamento | C | D | C-D |
| *Diferenças* | A-C | B-D | (C-D)-(A-B) |

Fonte: Elaborado pelo autor.

As diferenças A-B e C-D representam em que medida o grupo de controle e o de tratamento se alteraram, respectivamente, entre o período anterior e posterior ao monitoramento. Como por hipótese o grupo de controle não foi monitorado em nenhum momento, essas mudanças se deveram a outros fatores, que também devem ter influenciado o grupo de tratamento. Já A-C e B-D representam as diferenças dos efeitos entre os grupos de controle e de tratamento antes e depois do evento, respectivamente. Subtraindo A-B de C-D encontra-se a diferença da diferença verificada entre os dois grupos, entre os dois períodos analisados e que corresponde justamente ao efeito isolado do monitoramento. É importante mencionar que as mesmas variáveis de controle utilizadas nas regressões de efeitos fixos e efeitos aleatórios foram adicionadas neste modelo para evitar que efeitos de outras variáveis produzissem um viés na estimação.

Todos os modelos foram ajustados com o uso do software Stata v.16. e se encontram no Apêndice A.

## 5. Análise dos resultados

A análise dos resultados foi dividida em duas partes, inicialmente será apresentada uma análise descritiva da base de dados dos caminhões e em seguida serão apresentados os testes das hipóteses propostas juntamente com a metodologia estatística utilizada.

### 5.1. Análise descritiva

Nesta seção serão apresentadas informações gerais sobre a base de dados utilizada no estudo para que seja possível visualizar suas principais características e para que o entendimento das etapas subsequentes da pesquisa seja facilitado. Pode-se perceber ao

analisar a tabela seguinte que 51,3% dos veículos se encontram na região Sudeste, 32,5% na região Sul, 9,5% no Centro-Oeste e apenas 6,7% na região Norte e Nordeste.

Tabela 4 – Total de caminhões por região.

| Região | Total de veículos | [%] |
|---|---|---|
| Sudeste | 7.101 | 51,3 |
| Sul | 4.500 | 32,5 |
| Centro-Oeste | 1.308 | 9,5 |
| Nordeste | 413 | 3,0 |
| Norte | 516 | 3,7 |
| **Total** | 13.838 | 100,0 |

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 5 – Total de veículos por região por mês.

| Período | Centro-Oeste | Nordeste | Norte | Sudeste | Sul | **Total** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Jan | 435 | 228 | 386 | 3.603 | 2.464 | 7.116 |
| Fev | 434 | 248 | 389 | 3.806 | 2.591 | 7.468 |
| Mar | 465 | 243 | 387 | 4.219 | 2.631 | 7.945 |
| Abr | 495 | 236 | 371 | 4.381 | 2.767 | 8.250 |
| Mai | 601 | 258 | 384 | 4.644 | 2.941 | 8.828 |
| Jun | 688 | 271 | 403 | 4.905 | 3.155 | 9.422 |
| Jul | 800 | 307 | 431 | 5.041 | 3.379 | 9.958 |
| Ago | 911 | 337 | 414 | 5.277 | 3.551 | 10.490 |
| Set | 952 | 339 | 404 | 5.507 | 3.771 | 10.973 |
| Out | 989 | 346 | 383 | 5.648 | 3.893 | 11.259 |
| Nov | 1.032 | 350 | 388 | 5.826 | 3.930 | 11.526 |
| Dez | 994 | 356 | 398 | 5.449 | 3.978 | 11.175 |

Fonte: Elaborado pelo autor.

Na tabela anterior se tem uma visão mais ampla do total de veículos contidos na base de dados em análise por região e período. É possível perceber que, em geral, há um aumento no número de veículos por ano e por região, resultante da comercialização de novos veículos.

Já em relação ao monitoramento (tabela 6), as transportadoras tiveram acesso aos dados detalhados da operação dos veículos em 57.071 observações, o que corresponde a aproximadamente 49% do total de observações da base de dados. É importante ressaltar que aqui foram analisadas as observações monitoradas e não os caminhões monitorados, uma vez que o mesmo caminhão pode ser monitorado em um período e não ser monitorado no período seguinte e vice versa.

Pode-se constatar pela tabela 7 que a região que mais aderiu de forma relativa ao monitoramento dos caminhões foi a região Sudeste com 56% das observações, seguida do Centro-Oeste, Nordeste e Sul com 55%, 54% e 45% respectivamente. A região Norte teve o menor índice de monitoramento relativo atingindo apenas 14% das observações. Ao se analisar a evolução do monitoramento ao longo do ano de 2019 (tabela 8), nota-se que em todos os meses a taxa de crescimento do número de veículos monitorados cresceu mais do que a taxa do número de veículos não monitorados e mais inclusive do que a taxa de crescimento do número de novos veículos vendidos, o que significa dizer que veículos antigos que não eram monitorados passaram a ser monitorados desde o início da coleta de dados.

Tabela 6 – Observações monitoradas e não monitoradas.

| | Número de observações | Percentual |
|---|---|---|
| Monitorado | 57.071 | 49% |
| Não Monitorado | 57.339 | 51% |
| **Total** | 114.410 | 100% |

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 7 – Percentual relativo de observações monitoradas e não monitoradas por região.

| | Centro-Oeste | Nordeste | Norte | Sudeste | Sul |
|---|---|---|---|---|---|
| Monitorado | 55% | 54% | 14% | 56% | 45% |
| Não Monitorado | 45% | 46% | 86% | 45% | 55% |

Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 8 - Total de observações por região.

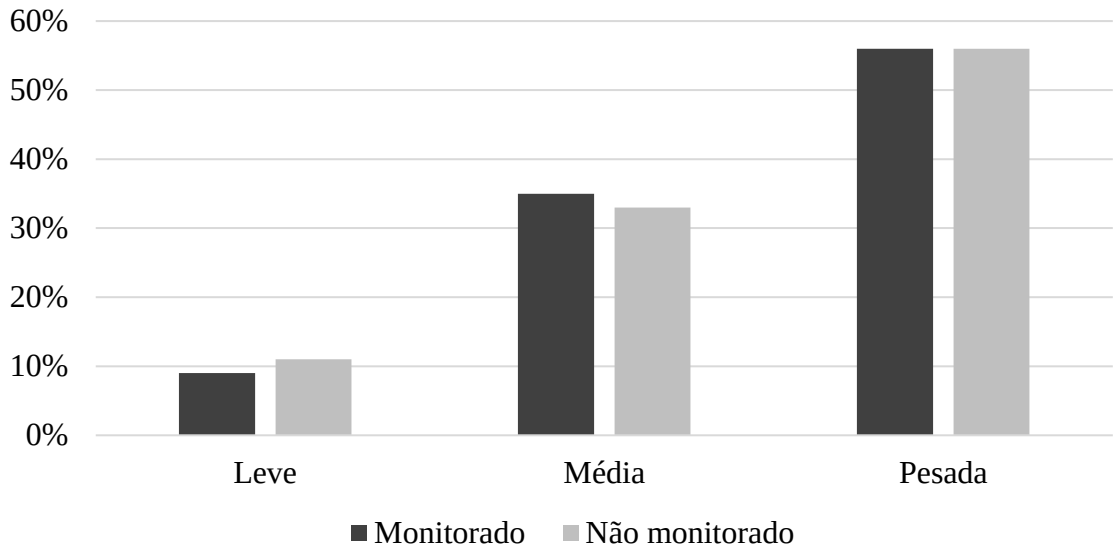
| Período | Monitorado | Δ | Não monitorado | Δ | Total | Δ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Jan | 2.362 | - | 4.754 | - | 7.116 | - |
| Fev | 2.608 | 10% | 4.860 | 2% | 7.468 | 5% |
| Mar | 2.961 | 14% | 4.984 | 3% | 7.945 | 6% |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Abr | 3.562 | 20% | 4.688 | -6% | 8.250 | 4% |
| Mai | 4.117 | 16% | 4.711 | 0% | 8.828 | 7% |
| Jun | 4.511 | 10% | 4.911 | 4% | 9.422 | 7% |
| Jul | 5.065 | 12% | 4.893 | 0% | 9.958 | 6% |
| Ago | 5.580 | 10% | 4.910 | 0% | 10.490 | 5% |
| Set | 6.092 | 9% | 4.881 | -1% | 10.973 | 5% |
| Out | 6.368 | 5% | 4.891 | 0% | 11.259 | 3% |
| Nov | 7.013 | 10% | 4.513 | -8% | 11.526 | 2% |
| Dez | 6.832 | -3% | 4.343 | -4% | 11.175 | -3% |
| **Total** | 57.071 | - | 57.339 | - | 114.410 | - |

Fonte: Elaborado pelo autor

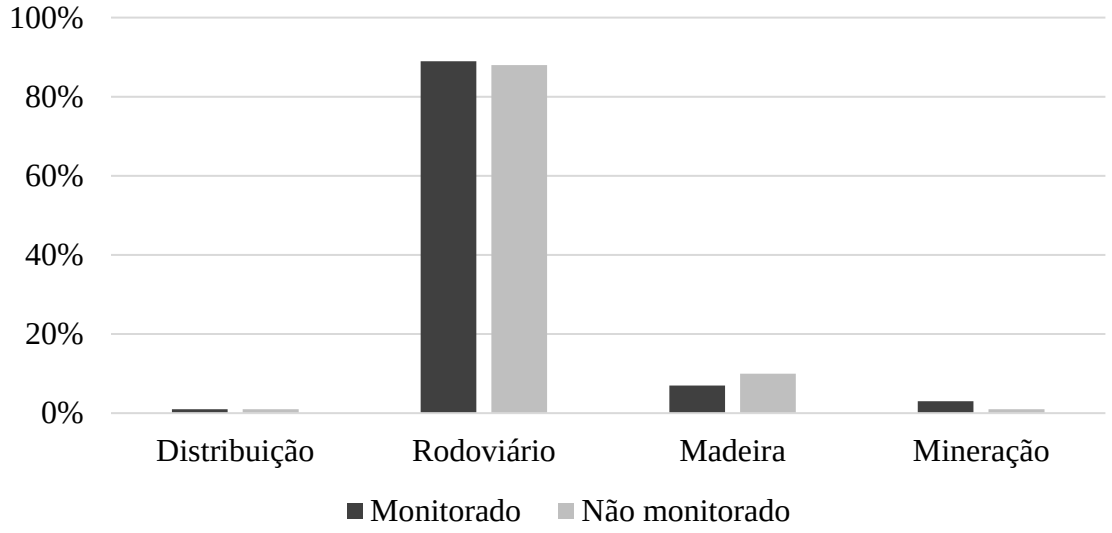
Ao verificar os gráficos 1 e 2, nota-se que os caminhões em análise se concentram no transporte rodoviário e nas classes médias e pesadas de operação. Além disso, a proporção de caminhões monitorados e não monitorados se mantém de forma similar a amostra total mesmo quando analisado de forma separada por aplicação e por classe.

Gráfico 1 – Percentual de veículos de acordo com a classe de operação.




Fonte: Elaborado pelo autor.

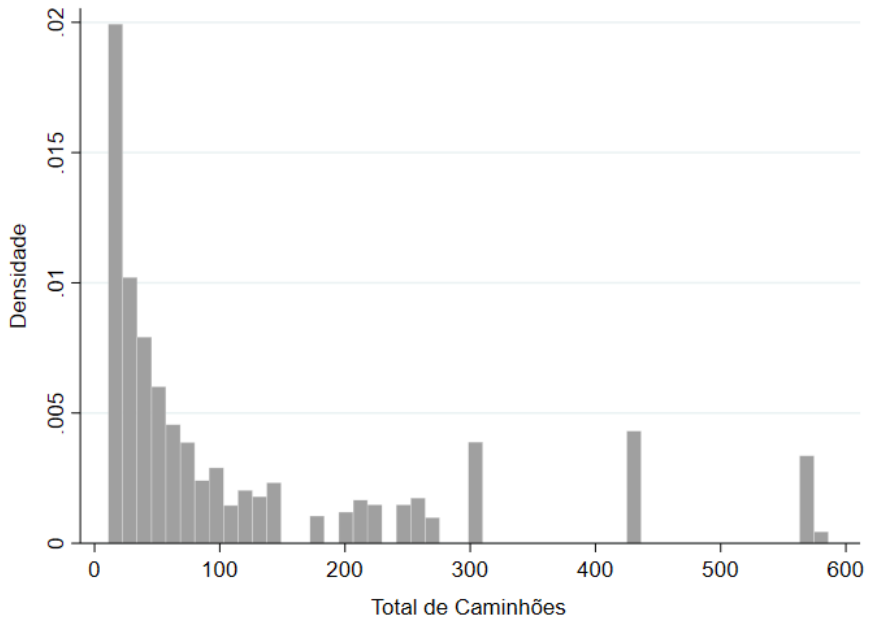
Gráfico 2 – Percentual de veículos de acordo com a aplicação.




Fonte: Elaborado pelo autor.

O gráfico seguinte traz a distribuição do tamanho das frotas analisadas. Percebe-se que a maior concentração se dá em frotas com 150 veículos ou menos. À medida que o tamanho da frota aumenta, o número de empresas diminui e a maior frota analisada no estudo não passa dos 600 veículos.

Gráfico 3 – Número de veículos por transportadora.




Fonte: Elaborado pelo autor.

Tabela 9 – Média das variáveis de controle por período.

| Mês | Quilometragem Total [km] | σ | Dist. Mensal Percorrida [km] | σ | Peso Médio [ton] | σ | Velocidade Média [km/h] | σ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Jan | 169.660 | 155.788 | 9.251 | 4.083 | 42,69 | 11,68 | 58,82 | 7,55 |
| Fev | 174.853 | 158.838 | 9.000 | 3.630 | 42,57 | 11,45 | 58,66 | 7,51 |
| Mar | 180.096 | 161.364 | 9.274 | 4.008 | 42,73 | 12,07 | 57,71 | 9,51 |
| Abr | 185.360 | 164.833 | 9.030 | 3.820 | 43,20 | 12,47 | 57,31 | 10,10 |
| Mai | 187.895 | 169.396 | 9.448 | 3.933 | 43,49 | 12,48 | 57,24 | 9,99 |
| Jun | 194.160 | 176.382 | 9.154 | 3.759 | 43,76 | 12,48 | 57,39 | 9,87 |
| Jul | 194.719 | 178.036 | 9.616 | 3.872 | 43,68 | 12,49 | 57,26 | 9,51 |
| Ago | 196.575 | 180.976 | 9.650 | 3.728 | 43,69 | 12,31 | 57,33 | 9,82 |
| Set | 199.517 | 182.749 | 9.083 | 3.499 | 44,03 | 12,38 | 57,20 | 9,74 |
| Out | 202.859 | 184.953 | 9.470 | 3.684 | 43,94 | 12,17 | 57,64 | 9,24 |
| Nov | 205.662 | 184.653 | 8.719 | 3.449 | 43,70 | 11,98 | 57,82 | 9,06 |
| Dez | 208.652 | 187.661 | 8.304 | 3.597 | 43,82 | 11,60 | 58,97 | 7,63 |

Fonte: Elaborado pelo autor.

Na tabela anterior das médias das variáveis de controle por período, fica evidente que a frota de veículos aumenta cada vez mais a sua média de rodagem, apesar da entrada de

novos caminhões com baixa quilometragem. A distância mensal percorrida assim como o peso médio transportado e a velocidade média sofrem pequenas variações ao longo dos meses.

### 5.1.1. Diferenças entre os grupos monitorados e não monitorados

Com o objetivo de se obter uma indicação preliminar das diferenças entre os grupos monitorados e não monitorados, foram calculadas as médias amostrais das variáveis dependentes.

Abaixo segue um resumo dos resultados obtidos. Sendo $\bar{x}$ o valor médio amostral, S o desvio padrão amostral e n o tamanho da amostra.

Tabela 10 – Estatísticas descritivas para as variáveis dependente para caminhões monitorados e não monitorados.

| Variável | | Monitorado | Não Monitorado |
|---|---|---|---|
| Desempenho | $\bar{x}$ | 2,36 | 2,24 |
| | S | 0,0022 | 0,0022 |
| | n | 57.071 | 57.339 |
| Nota Condução | $\bar{x}$ | 0,6206 | 0,6008 |
| | S | 0,0005 | 0,0004 |
| | n | 56.538 | 57.334 |
| Velocidade Máxima Média | $\bar{x}$ | 99,92 | 101,36 |
| | S | 0,088 | 0,080 |
| | n | 40.735 | 52.333 |
| Frenagens Bruscas | $\bar{x}$ | 0,7437 | 0,5554 |
| | S | 0,0039 | 0,0028 |
| | n | 57.071 | 57.339 |

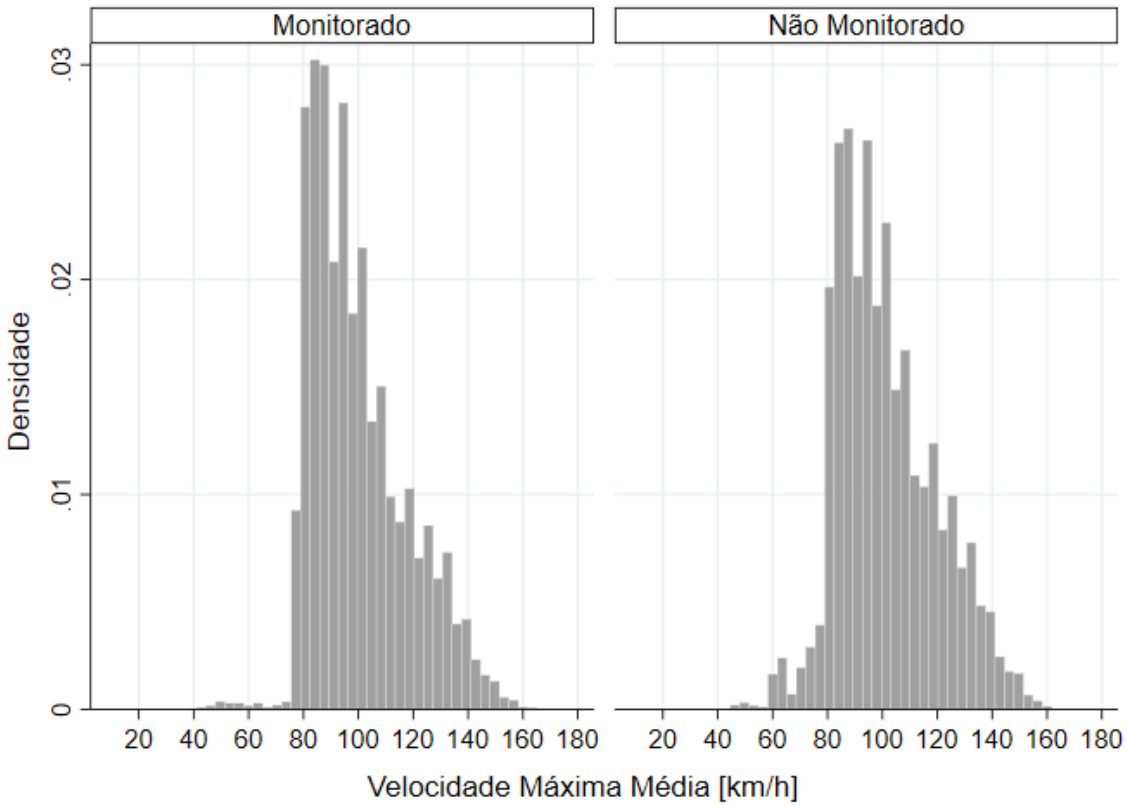
Fonte: Elaborado pelo autor.

Após analisar os resultados obtidos no cálculo das médias dos grupos monitorados e não monitorados para as variáveis dependentes em estudo (tabela 10), pode-se perceber que para o desempenho, a velocidade máxima média e a nota de condução há um suporte para as hipóteses propostas, ou seja, o grupo dos veículos monitorados apresenta resultados que reduzem os custos operacionais e reduzem também o risco de acidentes. Já para o número de frenagens bruscas a indicação é oposta, ou seja, a média do grupo monitorado aumenta o risco de acidentes.

No caso da velocidade máxima média, é interessante observar a diferença entre a distribuição de velocidades para os grupos monitorados e não monitorados. Ao verificar

o gráfico 4 é possível perceber que há um aumento da frequência das observações em velocidades muito próximas a 80km/h que é a velocidade máxima para veículos comerciais pesados de acordo com o Código de Trânsito Brasileiro. Além disso, a densidade de observações para velocidades acima de 100km/h é aparentemente maior para o grupo de veículos que não possui monitoramento.

Gráfico 4 – Distribuição da velocidade máxima média entre os grupos.




Fonte: Elaborado pelo autor.

Antes de seguir adiante no teste das hipóteses, julgou-se relevante fazer uma análise comparativa das médias das variáveis dependentes dos dois grupos ao longo dos meses. Ao observar as médias dispostas na tabela 11, nota-se que há pouca variação das variáveis dependentes ao longo dos meses, com exceção das frenagens bruscas que apresentam uma tendência de aumento. Uma possível causa para esse comportamento são os novos veículos que são comercializados ao longo do ano e podem influenciar esta variável a depender das suas respectivas aplicações.

Tabela 11 – Média das variáveis dependentes por período.

| Mês | Desempenho [km/l] | σ | Vel.Máx. Média [km/h] | σ | Frenagens Bruscas [freq.] | σ | Nota Condução [0 – 1] | σ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Jan | 2,31 | 0,50 | 102,36 | 18,10 | 0,4384 | 0,5372 | 0,6205 | 0,0933 |
| Fev | 2,32 | 0,50 | 102,06 | 18,30 | 0,4346 | 0,5385 | 0,6199 | 0,0950 |
| Mar | 2,31 | 0,55 | 101,75 | 18,35 | 0,4640 | 0,5813 | 0,6215 | 0,0982 |
| Abr | 2,30 | 0,56 | 101,38 | 18,26 | 0,4917 | 0,6166 | 0,6190 | 0,0994 |
| Mai | 2,29 | 0,56 | 100,80 | 17,95 | 0,5480 | 0,7219 | 0,6178 | 0,1048 |
| Jun | 2,29 | 0,55 | 100,22 | 17,84 | 0,5935 | 0,7838 | 0,6161 | 0,1110 |
| Jul | 2,29 | 0,55 | 100,45 | 17,89 | 0,6624 | 0,8564 | 0,6121 | 0,1164 |
| Ago | 2,29 | 0,55 | 100,03 | 18,27 | 0,7048 | 0,8995 | 0,6128 | 0,1216 |
| Set | 2,28 | 0,54 | 99,72 | 18,30 | 0,7299 | 0,9169 | 0,6090 | 0,1259 |
| Out | 2,30 | 0,53 | 100,00 | 18,26 | 0,7859 | 0,9658 | 0,6015 | 0,1282 |
| Nov | 2,31 | 0,53 | 99,89 | 18,11 | 0,7972 | 0,9545 | 0,6002 | 0,1308 |
| Dez | 2,36 | 0,51 | 100,47 | 17,80 | 0,8695 | 1,0022 | 0,5917 | 0,1330 |

Fonte: Elaborado pelo autor

## 5.2. Teste das hipóteses

A tabela 12 traz os resultados obtidos para a estimação do efeito do monitoramento dos modelos de efeitos fixos, aleatórios e das diferenças em diferenças, obtidos a partir dos modelos de regressão (os modelos completos são apresentados no Apêndice B). É importante salientar que devido à forte assimetria dos dados referentes ao peso médio e a quilometragem total, essas variáveis foram utilizadas em escala logarítmica no modelo. Na tabela seguinte, **b** é a estimativa do coeficiente que estima o impacto do monitoramento, **ep** o erro padrão estimado para este coeficiente e **t** a estatística de teste e **n** o tamanho da amostra.

Tabela 12 – Efeito do monitoramento nas variáveis dependentes.

| | | Desempenho [km/l] | Nota de condução [0-1] | Vel. máx.méd [km/h] | Frenagens B. [100km] |
|---|---|---|---|---|---|
| Efeito aleatório | b | 0,0246*** | 0,0143*** | -0,4948*** | -0,0356*** |
| | ep | 0,0028 | 0,0015 | 0,1400 | 0,0074 |
| | t | 8,73 | 9,37 | -3,53 | -4,79 |
| | n | 96.996 | 96.459 | 92.930 | 96.996 |
| Efeito fixo | b | 0,0251*** | 0,0146*** | -0,3964*** | -0,0328*** |
| | ep | 0,0030 | 0,0016 | 0,1503 | 0,0079 |
| | t | 8,59 | 9,08 | -2,30 | -4,14 |
| | n | 96.996 | 96.459 | 92.930 | 96.996 |
| Diff-in-Diff | b | 0,124*** | 0,050*** | -0,2 | -0,048** |
| | ep | 0,008 | 0,004 | 0,417 | 0,026 |
| | t | 15,95 | 13,64 | 0,48 | 2,13 |
| | n | 30.132 | 30.132 | 30.132 | 30.132 |

***: efeito significativo a 1%. **:efeito significativo a 5%

Fonte: Elaborado pelo autor.

Apesar do teste de Hausman indicar com 1% de significância que para todas as regressões o modelo mais eficiente é o modelo de efeitos fixos, julgou-se importante também expor e comentar os coeficientes obtidos pelo efeito aleatório, isto porque, o elevado tamanho amostral favorece a escolha do modelo de efeitos fixos.

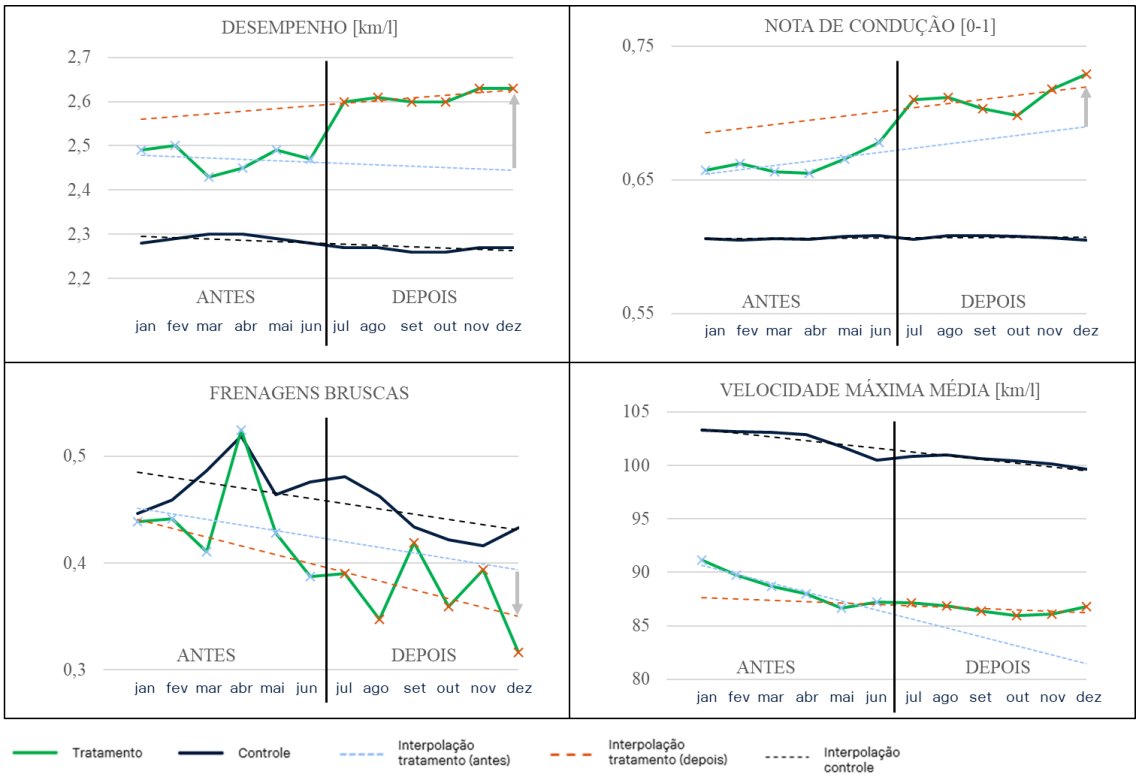
Com base na primeira análise proposta com toda a base de dados e com a utilização do efeito fixo e efeito aleatório para estimar os modelos de dados em painel, todas as hipóteses foram confirmadas com 1% de significância.

Na segunda análise que utilizou a metodologia de diferenças em diferenças e fez-se um recorte no espaço amostral na tentativa de isolar o efeito do monitoramento, a hipótese relacionada com a eficiência operacional foi confirmada com 1% de significância para os dois fatores. Já a hipótese relacionada com a redução do risco de acidentes e construída a partir de dois fatores, da velocidade máxima média e do número de frenagens bruscas, apenas a redução no número de frenagens pôde ser atestada com 5% de significância. A hipótese de redução da velocidade máxima média por conta do monitoramento não obteve relevância estatística.

Abaixo seguem quatro gráficos distintos mostrando os impactos do monitoramento nas quatro variáveis dependentes (desempenho em km/l, nota de condução, frenagens bruscas e velocidade máxima média) obtidos através do experimento natural realizado entre o

grupo controle (veículos não monitorados em nenhum dos doze meses) e o grupo tratamento (veículos não monitorados nos primeiros seis meses e monitorados nos últimos seis). É possível ter uma ideia aproximada do impacto do monitoramento a partir da magnitude da seta cinza. Nota-se também, que para a velocidade máxima média as linhas de tendências geradas a partir de interpolações lineares dos pontos antes e depois do monitoramento se cruzam e corroboram com os resultados obtidos no cálculo das diferenças em diferenças de que não há relevância estatística para esta variável dependente.

Gráfico 5 – Médias mensais das variáveis dependentes para os grupos tratamento e controle.




Fonte: Elaborado pelo autor.

Abaixo segue um resumo dos resultados obtidos para testar **H₁** *(O monitoramento eletrônico dos motoristas* ***aumenta*** *a eficiência operacional).*

Na tabela a seguir são descritas: a relação esperada, a relação obtida, os impactos percentuais obtidos por meio dos efeitos aleatórios, fixos e das diferenças em diferenças. Os impactos percentuais são calculados ao dividir os coeficientes **b** encontrados na tabela 11 e os respectivos valores médios $\bar{x}$ obtidos na tabela 11.

Tabela 13 – Relação esperada, obtida e impactos percentuais do monitoramento para testar H1.

| Fator | Relação Esperada | Relação Obtida | Impacto Efeitos Aleatórios | ImpactoEfeitos Fixos | Impacto DiD |
|---|---|---|---|---|---|
| Desempenho | (+) | (+) | 1,1%*** | 1,2%*** | 5,4%*** |
| Nota condução | (+) | (+) | 2,3%*** | 2,3%*** | 8,2%*** |

Fonte: Elaborado pelo autor.

Nota-se que tanto para o desempenho quanto para a nota de condução a relação esperada foi igual a relação obtida e é possível destacar o aumento do impacto percentual do monitoramento no desempenho e na nota de condução no resultado obtido por meio do cálculo das diferenças em diferenças quando comparado com o efeito fixo e efeito aleatório.

De forma análoga, segue um resumo dos resultados obtidos para testar **H2** *(O monitoramento eletrônico dos motoristas* ***reduz*** *o risco de acidentes).*

Tabela 14– Relação esperada, obtida e impactos percentuais do monitoramento para testar H2.

| Fator | Relação Esperada | Relação Obtida | Impacto Efeitos Aleatórios | Impacto Efeitos Fixos | Impacto DiD |
|---|---|---|---|---|---|
| Vel. Máx. Med. | (−) | (−) | -0,5%*** | -0.4%*** | -0,2% |
| Frenagens B. | (−) | (−) | -7,6%*** | -6,8%*** | -10,5%** |

Fonte: Elaborado pelo autor.

Nota-se que tanto para a velocidade máxima média quanto para o número de frenagens bruscas a relação esperada foi igual a relação obtida e é possível destacar o aumento em módulo do impacto percentual do monitoramento no nas frenagens bruscas no resultado obtido por meio do cálculo das diferenças em diferenças quando comparado com o efeito fixo e efeito aleatório. Já na velocidade máxima média há uma diminuição em módulo quando faz-se a mesma comparação. Outro ponto relevante é que o impacto do monitoramento na redução da velocidade máxima média deixa de ter significância a 1% na análise das diferenças em diferenças, mais detalhes sobre os resultados obtidos serão comentados na seção a seguir.

## 6. Considerações finais

Esta pesquisa abordou sob a lente do problema entre agente e principal, o desafio encarado pela gestão ao tentar controlar o comportamento dos motoristas em busca de melhores resultados operacionais. Um aspecto marcante desta relação é a impossibilidade dos gestores de supervisionar de perto as ações dos motoristas e o risco iminente de que engajem em comportamentos oportunistas e comprometam a eficiência das transportadoras. Por isso, o uso de controles tecnológicos para tornar o comportamento dos motoristas mais observável parece ser uma ferramenta promissora na gestão de desempenho desses profissionais.

A fim de testar o impacto do uso desta ferramenta, este estudo utilizou uma base de dados de veículos comerciais em operação no Brasil. A amostra contém informações sobre a operação, configuração e aplicação de mais de 13 mil caminhões durante todos os meses do ano de 2019. Os dados estão dispostos em painel e cada observação corresponde à média mensal dos parâmetros de operação de um caminhão. Foram utilizados os estimadores de efeitos fixos e efeitos aleatórios para estimar os modelos de efeitos não observados. Adicionalmente, foi utilizado o método de diferenças em diferenças na tentativa de isolar o efeito do tratamento analisado.

Todas as hipóteses foram confirmadas com 1% de significância na análise de modelos fixos e aleatórios, ou seja, para esta metodologia de fato o monitoramento afetou o comportamento de condução dos motoristas, veículos monitorados possuíram melhores indicadores tanto no âmbito da eficiência operacional quanto do comportamento seguro ao dirigir. No experimento natural que utilizou a metodologia de diferenças em diferenças, as hipóteses referentes a eficiência operacional também foram confirmadas com 1% de significância e o impacto do monitoramento sob esta ótica foi ainda maior saindo aproximadamente de 1 até 5% e de 2 até 8% de aumento no desempenho e na nota de condução respectivamente. Já na segunda hipótese referente ao risco de acidentes, o impacto do monitoramento não se mostrou estatisticamente relevante na redução da velocidade máxima média praticada pelos motoristas. O impacto na redução das frenagens bruscas até aumentou, de aproximadamente 7 para 10%, mas houve uma redução do nível de significância de 1 para 5%. Uma possível causa para este comportamento das variáveis dependentes é a falta de gestão sobre estes indicadores que

pode reduzir a probabilidade de detecção de comportamento oportunista dos motoristas (agentes) por parte dos gestores de frotas (principais).

A melhoria na eficiência do transporte de cargas devido exclusivamente ao monitoramento pode ser atribuída com mais segurança ao desempenho, pois este indicador está sujeito a um grande controle por parte das empresas e a tendência de que as informações obtidas através do monitoramento tenham sido utilizadas para alinhamento de incentivos é maior. Isso porque, há uma forte competição por preço entre as transportadoras e o consumo de combustível é o maior componente variável de custo no setor de transportes.

Apesar das hipóteses terem sido confirmadas, o impacto do monitoramento pode certamente ser influenciado por outros fatores, por exemplo, como as empresas utilizam a informação obtida, qual a importância dada para a variável monitorada, quais os incentivos e punições aplicados se as metas não forem atingidas, por isso não é possível concluir que a estratégia de monitoramento de forma isolada é a melhor solução para solucionar os desafios de gestão oriundos da relação entre motorista e gerente de frota. É possível extrair deste estudo, no entanto, que há uma tendência de maior utilização do monitoramento na gestão das frotas de caminhão e que esta ferramenta tem um grande potencial na busca da excelência operacional.

Ao fazer um simples exercício com os dados deste trabalho, pode-se ter uma melhor ideia do impacto financeiro de pequenas reduções no consumo de combustível para as transportadoras. Seja uma frota média composta por 50 veículos não monitorados e que cada veículo rode, em média, 9000 km/mês. Em um ano, esta frota terá rodado mais de 5 milhões de quilômetros e se considerarmos o desempenho médio dos veículos igual a 2,30 km/l, ao fim dos doze meses a frota terá consumido mais de 2 milhões de litros de *diesel*, que corresponde a um custo aproximado[3] de 7 milhões de reais. Ao aplicar o monitoramento, se considerarmos um aumento no desempenho da ordem de 5% assim como o que foi obtido no presente estudo, a transportadora pode obter economias anuais da ordem de 350 mil reais. Mesmo considerando um custo mensal de 100 reais por caminhão monitorado, a contratação do serviço pode ser uma estratégia relevante para redução de custo operacional.

[3] Considerando o preço médio do litro do *diesel* em São Paulo igual a R$ 2,921 (ANP, 2020)

## 7. Limitações do estudo e sugestões para pesquisas futuras

É importante deixar claro que esta pesquisa analisou o efeito do monitoramento na eficiência operacional e na redução de riscos de acidentes utilizando dados de veículos de uma mesma montadora, o que traz um viés de origem para as análises realizadas. Adicionalmente, os resultados deste estudo são mais aplicáveis as transportadoras que possuam frotas com mais de dez veículos, isso porque frotas menores foram excluídas da base de dados seguindo o mesmo critério adotado por Mello e Hunt (2013).

Além disso, nenhuma informação sobre a forma de gestão das transportadoras foi adicionado à base de dados para poder explicar possíveis moderações no comportamento dos motoristas. Informações sobre como cada empresa utiliza as informações coletadas pelos sistemas de monitoramento assim como a cultura organizacional pode ser muito explicativa na mensuração da eficácia operacional na implementação de um sistema de monitoramento de desempenho individual (MED).

Apesar de ser uma prática comum entre as transportadoras designar um único caminhão para o mesmo motorista durante um longo período de tempo, com as informações disponíveis para este estudo, não há como garantir que o mesmo motorista conduziu um único caminhão durante todo o período de análise e é baseado nesta possibilidade que surge uma nova limitação do estudo, uma vez que os dados operacionais extraídos estão vinculados aos caminhões e não aos motoristas.

Outra preocupação para garantir a acurácia da pesquisa decorreu devido à falta de informação sobre a rota realizada pelos veículos e que é um fator de grande relevância no impacto das variáveis dependentes analisadas: desempenho, frenagens bruscas, velocidade máxima média e nota de condução. No entanto, na tentativa de isolar o impacto desta variável não observada, uma série de controles foram adicionados: aplicação em que veículo foi designado, características estruturais (motor, eixo, cabine) e região de atuação.

Pesquisas futuras poderiam construir através dos resultados obtidos neste estudo para investigar quais dos controles formais mais impactam no desempenho, controle de atividades, processos ou resultados. Seria também interessante ir além e mensurar como o impacto do monitoramento é moderado pela gestão das transportadoras, isto é, qual a influência dos controles formais e informais no impacto do monitoramento. Empresas que possuem altos níveis de controles de formais obtém maiores ganhos com a

implementação do monitoramento? existe um nível de controle formal ótimo no qual os melhores resultados operacionais podem ser obtidos?

Por fim, espera-se que os resultados empíricos obtidos neste trabalho sirvam de base para um melhor entendimento do uso da ferramenta do monitoramento e de práticas de gestão em busca da excelência operacional.

## Referências Bibliográficas

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, ANP. Preço médio do *diesel* 2020. Disponível em: <http://preco.anp.gov.br/include/>. Acesso em: 01 Jun. 2020.

AIELLO, John R.; KOLB, Kathryn J. *Electronic performance monitoring and social context: Impact on productivity and stress*. ***Journal of Applied Psychology***, v. 80, n. 3, p. 339, 1995.

AJZEN, Icek. *Nature and operation of attitudes*. ***Annual review of psychology***, v. 52, n. 1, p. 27-58, 2001.

ALDER, G. Stoney; AMBROSE, Maureen L. *An examination of the effect of computerized performance monitoring feedback on monitoring fairness, performance, and satisfaction*. ***Organizational Behavior and Human Decision Processes***, v. 97, n. 2, p. 161-177, 2005.

ALGE, Bradley J. *Effects of computer surveillance on perceptions of privacy and procedural justice*. ***Journal of Applied Psychology***, v. 86, n. 4, p. 797, 2001.

ANDERSON, J. R., OGDEN, J. D., CUNNINGHAM, W. A., & SCHUBERT-KABBAN, C. *An exploratory study of hours of service and its safety impact on motorists*. ***Transport Policy***, v. 53, p. 161-174, 2017.

BALLOU, R. H. Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos, Planejamento, Organização e Logística Empresarial. 2ª edição. Porto Alegre: Bookman, 2006.

BELMAN, Dale L.; MONACO, Kristen A. *The effects of deregulation, de-unionization, technology, and human capital on the work and work lives of truck drivers*. ***ILR Review***, v. 54, n. 2A, p. 502-524, 2001.

BESANKO, D., DRANOVE, D., SHANLEY, M., & SCHAEFER, S. *Economics of strategy*. John Wiley & Sons, 2009.

BLACKMAN, Derek E. *Operant conditioning: an experimental analysis of behaviour*. Routledge, 2017.

Blalock, A. B., H. M. Blalock. *Introduction to Social Research*. Englewood Cliffs, NJ: PrenticeHall, 1982.

BODE, Christoph; LINDEMANN, Eckhard; WAGNER, Stephan M. *Driving trucks and driving sales? The impact of delivery personnel on customer purchase behavior*. ***Journal of Business Logistics***, v. 32, n. 1, p. 99-114, 2011.

BOSS, Scott R., KIRSCH, L. J., ANGERMEIER, I., SHINGLER, R. A., & BOSS, R. W. *If someone is watching, I'll do what I'm asked: mandatoriness, control, and information security*. ***European Journal of Information Systems***, v. 18, n. 2, p. 151-164, 2009.

BRASIL, Código de Trânsito Brasileiro. Código de trânsito brasileiro: instituído pela Lei nº 9.503. de 23-9-97-3ª edição-Brasília: DENATRAN, 2008.

CAMDEN, M. C., MEDINA-FLINTSCH, A., HICKMAN, J. S., & HANOWSKI, R. J. *Large Truck Technology Return-on-Investment Calculator: User Guide and Instruction Manual*. 2020.

DOUGLAS, M.A., SWARTZ, S. M., RICHEY, R. G., & ROBERTS, M. D. *Risky business: Investigating influences on large truck drivers' safety attitudes and intentions*. ***Journal of safety research***, v. 70, p. 1-11, 2019.

EISENHARDT, Kathleen M. *Agency theory: An assessment and review*. ***Academy of management review***, v. 14, n. 1, p. 57-74, 1989.

FANG, H. C., MEMILI, E., CHRISMAN, J. J., & PENNEY, C. *Industry and information asymmetry: the case of the employment of non-family managers in small and medium-sized family firms*. ***Journal of Small Business Management***, 55(4), 632-648, 2017.

FARAHANI, Reza Zanjirani; ASGARI, Nasrin; DAVARZANI, Hoda (Ed.*). Supply chain and logistics in national, international and governmental environment: concepts and models*. Springer Science & Business Media, 2009.

FLAMHOLTZ, Eric G.; DAS, T. K.; TSUI, Anne S. *Toward an integrative framework of organizational control. Accounting, organizations and society*, v. 10, n. 1, p. 35-50, 1985.

FUNDAÇÃO DOM CABRAL. FDC. Pesquisa Custos Logísticos do Brasil 2018. Disponível em: < http://www.fdc.org.br/ >. Acesso em: 17 Mai. 2020.

GUINOT, Jacob; CHIVA, Ricardo. *Vertical Trust Within Organizations and Performance: A Systematic Review*. ***Human Resource Development Review***, v. 18, n. 2, p. 196-227, 2019.

HANOWSKI, Richard J.; PEREZ, Miguel A.; DINGUS, Thomas A. *Driver distraction in long-haul truck drivers*. ***Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour***, v. 8, n. 6, p. 441-458, 2005.

HANOWSKI, R. J., HICKMAN, J. S., BLANCO, M., & FITCH, G. M. *Long-haul truck driving and traffic safety: Studying drowsiness and truck driver safety using a naturalistic driving method. Sleep, sleepiness and traffic safety*. NY: Nova Science Publishers Inc, 2011.

HICKMAN, Jeffrey S.; HANOWSKI, Richard J.; AJAYI, Olu. *Evaluation of an onboard safety monitoring device in commercial vehicle operations*. 2009.

HICKMAN, Jeffrey S.; HANOWSKI, Richard J.; BOCANEGRA, Joseph. *A synthetic approach to compare the large truck crash causation study and naturalistic driving data*. ***Accident Analysis & Prevention***, v. 112, p. 11-14, 2018.

HORREY, W.K., LESCH, M. F., DAINOFF, M. J., ROBERTSON, M. M., & NOY, Y. I. On-board safety monitoring systems for driving: review, knowledge gaps, and framework. Journal of safety research, v. 43, n. 1, p. 49-58, 2012.

HUBBARD, Thomas N. *The demand for monitoring technologies: the case of trucking*. ***The Quarterly Journal of Economics***, v. 115, n. 2, p. 533-560, 2000.

HUSTED, Bryan W. *Agency, information, and the structure of moral problems in business*. ***Organization Studies***, v. 28, n. 2, p. 177-195, 2007.

JACOBIDES, Michael G.; CROSON, David C. *Information policy: Shaping the value of agency relationships*. ***Academy of management review***, v. 26, n. 2, p. 202-223, 2001.

JAWORSKI, Bernard J. *Toward a theory of marketing control: environmental context, control types, and consequences*. ***Journal of Marketing***, v. 52, n. 3, p. 23-39, 1988.

JAWORSKI, Bernard J.; MACINNIS, Deborah J. *Marketing jobs and management controls: toward a framework*. ***Journal of Marketing Research***, v. 26, n. 4, p. 406-419, 1989.

JÚNIOR, Arruda; DA SILVA, Jurandi. Desenvolvimento de um método para redução do consumo de combustível no transporte rodoviário de cargas: capacitação, aplicações de torque e telemetria para veículos pesados. 2014.

KELLER, Scott B. *Driver relationships with customers and driver turnover: key mediating variables affecting driver performance in the field*. ***Journal of Business Logistics***, v. 23, n. 1, p. 39-64, 2002.

KOMAKI, Judith L. *Leadership from an operant perspective*. Psychology Press, 1998.

LAFFONT, Jean-Jacques; MARTIMORT, David. *The theory of incentives: the principal-agent model*. Princeton university press, 2009.

LEMAY, Stephen; KELLER, Scott B. *Fifty years inside the minds of truck drivers*. ***International Journal of Physical Distribution & Logistics Management***, 2019.

LEVITT, Steven D.; LIST, John A. *Was there really a Hawthorne effect at the Hawthorne plant? An analysis of the original illumination experiments*. ***American Economic Journal: Applied Economics***, v. 3, n. 1, p. 224-38, 2011.

LIEB, Kristin J.; LIEB, Robert C. *Environmental sustainability in the third-party logistics (3PL) industry*. ***International Journal of Physical Distribution & Logistics Management***, 2010.

MABRY, J. Erin; GLENN, T. Laurel; HICKMAN, Jeffrey Scott. *Commercial Motor Vehicle Operator Fatigue Detection Technology Catalog and Review*. 2019.

MATTOS, Bruno Lanzi de. Impacto da servitização no modelo de negócio de empresas manufatureiras: o caso Scania. 2012. Tese de Doutorado.

MCNALL, Laurel A.; STANTON, Jeffrey M. *Private eyes are watching you: Reactions to location sensing technologies*. ***Journal of Business and Psychology***, v. 26, n. 3, p. 299-309, 2011.

MELLO, John E.; HUNT, C. Shane. *Developing a theoretical framework for research into driver control practices in the trucking industry*. ***Transportation journal***, p. 20-39, 2009.

MICHALAKI, P., QUDDUS, M. A., PITFIELD, D., & HUETSON, A. *Exploring the factors affecting motorway accident severity in England using the generalised ordered logistic regression model*. ***Journal of safety research***, v. 55, p. 89-97, 2015.

MILLER, J. W., SALDANHA, J. P., HUNT, C. S., & MELLO, J. E. *Combining formal controls to improve firm performance*. ***Journal of Business Logistics***, v. 34, n. 4, p. 301-318, 2013.

MILLER, Jason W. *How does driver turnover affect motor carrier safety performance and what can managers do about it?*. ***Journal of Business Logistics***, v. 38, n. 3, p. 197-216, 2017.

MIRON, Anca M.; BREHM, Jack W. *Reactance theory-40 years later*. ***Zeitschrift für Sozialpsychologie***, v. 37, n. 1, p. 9-18, 2006.

MURRAY, M. *The Hawthorne effect in the measurement of adolescent smoking*. ***Journal of Epidemiology & Community Health***, v. 42, n. 3, p. 304-306, 1988.

NEVES, C. J. T., CAVALCANTE, A. W. A., BERTONCINI, B. V., TEIXEIRA, R. R., & PINHEIRO, D. T. O uso do defletor de ar em caminhões pesados na economia de combustível: Uma análise de viabilidade econômica e ambiental. ***Brazilian Journal of Development***, v. 5, n. 10, p. 19658-19669, 2019.

O'NEILL, Brian; MOHAN, Dinesh. *Preventing motor vehicle crash injuries and deaths: science vs. folklore lessons from history*. ***International journal of injury control and safety promotion***, v. 27, n. 1, p. 3-11, 2020.

OLIVEIRA, Thamires Neves; DE MELO, José Airton Mendonça. O efeito da infraestrutura rodoviária sobre os custos operacionais das transportadoras de cargas. Negócios em projeção, v. 10, n. 2, p. 107-123, 2019.

OLSON, Rebecca L. et al. *Driver distraction in commercial vehicle operations*. United States. Federal Motor Carrier Safety Administration, 2009.

PANDA, Brahmadev; LEEPSA, N. M. *Agency theory: Review of theory and evidence on problems and perspectives.* ***Indian Journal of Corporate Governance***, v. 10, n. 1, p. 74-95, 2017.

PREMEAUX, Shane R. *Motor carrier selection criteria: perceptual differences between shippers and motor carriers.* ***Transportation Journal***, p. 28-38, 2002.

PROBST, Tahira M.; BETTAC, Erica L.; AUSTIN, Christopher T. *Accident under-reporting in the workplace. In: Increasing Occupational Health and Safety in Workplaces*. Edward Elgar Publishing, 2019.

RAKOTONIRAINY, A., CHEN, S., SCOTT-PARKER, B., LOKE, S. W., & KRISHASWAMY, S. *A novel approach to assessing road-curve crash severity*. ***Journal of Transportation Safety & Security***, v. 7, n. 4, p. 358-375, 2015.

RUNE, Elvik. *Speed and road accidents An evaluation of the Power Model*. ***The Institute of Transport Economics (TOI) Report***, 2004.

SALDANHA, John P.; SHANE HUNT, C.; MELLO, John E. *Driver management that drives carrier performance*. ***Journal of Business Logistics***, v. 34, n. 1, p. 15-32, 2013.

SERGIO, A. P., NUNES, A. F. K., GULIN NETO, A., RIGOLINO, C. L., ANDRIGHETO, R., GOLIN, R. W., & ABREU, R. A. *Diesel*–o grande vilão: uma análise técnico-operacional do consumo de *diesel* dos veículos de sistemas rodoviários e ferroviários. 2018.

SHARMA, Anurag. *Professional as agent: Knowledge asymmetry in agency exchange*. ***Academy of Management review***, v. 22, n. 3, p. 758-798, 1997.

SIHAG, Vikrant; RIJSDIJK, Serge A. *Organizational controls and performance outcomes: A meta-analytic assessment and extension*. ***Journal of Management Studies***, v. 56, n. 1, p. 91-133, 2019.

SITKIN, Sim B.; CARDINAL, Laura B.; BIJLSMA-FRANKEMA, Katinka M. (Ed.) *Organizational control*. Cambridge University Press, 2010.

STAATS, B. R., DAI, H., HOFMANN, D., & MILKMAN, K. L. *Motivating process compliance through individual electronic monitoring: An empirical examination of hand hygiene in healthcare.* ***Management Science***, v. 63, n. 5, p. 1563-1585, 2017.

SUZUKI, Yoshinori; CRUM, Michael R.; PAUTSCH, Gregory R. *Predicting truck driver turnover*. ***Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review***, v. 45, n. 4, p. 538-550, 2009.

TOLEDO, Tomer; MUSICANT, Oren; LOTAN, Tsippy. *In-vehicle data recorders for monitoring and feedback on drivers' behavior.* ***Transportation Research Part C: Emerging Technologies***, v. 16, n. 3, p. 320-331, 2008.

TOMCZAK, David L.; LANZO, Lauren A.; AGUINIS, Herman. *Evidence-based recommendations for employee performance monitoring.* ***Business Horizons***, v. 61, n. 2, p. 251-259, 2018.

VALERETTO, Carlos Aurélio. Telemetria: Uma ferramenta imprescindível na eficiência logística. Revista Tecnológica da Fatec Americana, v. 6, n. 1, p. 36-46, 2018.

VERBURG, Robert M., NIENABER, A. M., SEARLE, R. H., WEIBEL, A., Den HARTOG, D. N., & RUPP, D. E. *The role of organizational control systems in employees' organizational trust and performance outcomes*. ***Group & organization management***, v. 43, n. 2, p. 179-206, 2018.

VOSS, M. D., PAGE Jr, T. J., KELLER, S. B., & OZMENT, J. (2006). et al. *Determining important carrier attributes: a fresh perspective using the theory of reasoned action*. ***Transportation Journal***, p. 7-19, 2006.

WOOLDRIDGE, Jeffrey M. *Introductory econometrics: A modern approach*. Nelson Education, 2016.

YOST, A. B., BEHREND, T. S., HOWARDSON, G., DARROW, J. B., & JENSEN, J. M. *Reactance to electronic surveillance: a test of antecedents and outcomes*. ***Journal of Business and Psychology***, 34(1), 71-86, 2019.

ZOHAR, D., HUANG, Y. H., LEE, J., & ROBERTSON, M. *A mediation model linking dispatcher leadership and work ownership with safety climate as predictors of truck driver safety performance*. ***Accident Analysis & Prevention***, v. 62, p. 17-25, 2014.

## Apêndice A – Lista de variáveis de controle

| Nome | Tipo | Descrição | Impacto |
|---|---|---|---|
| Cabine | Discreta | 4 tipos diferentes de geometria (pequena, média, grande e extra) | Aerodinâmica |
| Motor | Discreta | 18 variantes de motor (potência, versão de *software*, volume da câmara de combustão) | Potência |
| Configuração de roda | Discreta | 9 combinações possíveis (6x4, 4x2, 8x2, etc) | Atrito de rolagem |
| Eixo | Discreta | 9 variantes possíveis (diferentes relações de transmissão) | Atrito mecânico |
| Altura do teto | Discreta | 3 alturas distintas | Aerodinâmica |
| Altura defletor teto | Discreta | 6 alturas distintas | Aerodinâmica |
| Comprimento defletor | Discreta | 7 comprimentos | Aerodinâmica |
| Aplicação | Discreta | 6 aplicações distintas | Demanda de torque / Velocidade média |
| Classe | Discreta | Leve, média ou pesada | Demanda de torque |
| Transportadora | Discreta | 362 transportadoras distintas | Gestão dos motoristas |
| Região | Discreta | 5 regiões geográficas | Rotas de condução |
| Peso médio | Contínua | Peso médio transportado em toneladas | Demanda de torque |
| Quilometragem | Contínua | Quilometragem total percorrida pelo veículo | Desgaste mecânico dos componentes |
| Distância percorrida | Contínua | Quilometragem mensal percorrida | Desgaste mecânico dos componentes |
| Velocidade média | Contínua | Velocidade média em km/h | Consumo de combustível |

Fonte: Elaborado pelo autor.

# Apêndice B – Modelos

## Modelo de efeitos aleatórios

$$
\begin{aligned}
\mathbf{Y\,(Desempenho)} = {} & \boldsymbol{\beta_0} + \boldsymbol{\beta_1}(\textbf{monitoramento}) + \boldsymbol{\beta_2}(\textbf{peso médio transportado}) \\
& + \boldsymbol{\beta_3}(\textbf{logaritmo da quilometragem}) + \boldsymbol{\beta_4}(\textbf{distância percorrida}) \\
& + \boldsymbol{\beta_5}(\textbf{logaritmo da velocidade média}) + \boldsymbol{\beta_6}(\boldsymbol{dummy}\ \textbf{mês}) + \cdots \\
& + \boldsymbol{\beta_{16}}(\boldsymbol{dummy}\ \textbf{mês}) + \boldsymbol{\beta_{17}}(\boldsymbol{dummy}\ \textbf{eixo}) + \cdots + \boldsymbol{\beta_{23}}(\boldsymbol{dummy}\ \textbf{eixo}) \\
& + \boldsymbol{\beta_{24}}(\boldsymbol{dummy}\ \textbf{cabine}) + \cdots + \boldsymbol{\beta_{26}}(\boldsymbol{dummy}\ \textbf{cabine}) + \boldsymbol{\beta_{27}}(\boldsymbol{dummy}\ \textbf{motor}) + \cdots \\
& + \boldsymbol{\beta_{43}}(\boldsymbol{dummy}\ \textbf{motor}) + \boldsymbol{\beta_{44}}(\boldsymbol{dummy}\ \textbf{aplicação}) + \cdots + \boldsymbol{\beta_{48}}(\boldsymbol{dummy}\ \textbf{aplicação}) \\
& + \boldsymbol{\beta_{49}}(\boldsymbol{dummy}\ \textbf{classe}) + \boldsymbol{\beta_{50}}(\boldsymbol{dummy}\ \textbf{classe}) \\
& + \boldsymbol{\beta_{51}}(\boldsymbol{dummy}\ \textbf{altura defletor teto}) + \cdots + \boldsymbol{\beta_{55}}(\boldsymbol{dummy}\ \textbf{altura defletor teto}) \\
& + \boldsymbol{\beta_{56}}(\boldsymbol{dummy}\ \textbf{altura teto}) + \boldsymbol{\beta_{57}}(\boldsymbol{dummy}\ \textbf{altura teto}) \\
& + \boldsymbol{\beta_{58}}(\boldsymbol{dummy}\ \textbf{comprimento defletor}) + \cdots \\
& + \boldsymbol{\beta_{63}}(\boldsymbol{dummy}\ \textbf{comprimento defletor}) + \boldsymbol{\beta_{64}}(\textbf{dummy região}) + \cdots \\
& + \boldsymbol{\beta_{67}}(\textbf{dummy região}) + \boldsymbol{\beta_{68}}(\boldsymbol{dummy}\ \textbf{configuração de roda}) + \cdots \\
& + \boldsymbol{\beta_{76}}(\boldsymbol{dummy}\ \textbf{configuração de roda}) + \boldsymbol{\beta_{77}}(\textbf{dummy transportadora}) + \cdots \\
& + \boldsymbol{\beta_{438}}(\textbf{dummy transportadora}
\end{aligned}
$$

## Onde:

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\beta_0$ | 6,3644 | $\beta_{55}$ | (omitido | $\beta_{11}$ | -0,1324 | $\beta_{16}$ | -0,3762 | $\beta_{22}$ | -0,1339 | $\beta_{27}$ | 0,1111 | $\beta_{33}$ | 0,0665 | $\beta_{38}$ | -0,0890 |
| $\beta_1$ | 0,0246 | $\beta_{56}$ | 0,0309 | $\beta_{11}$ | -0,5564 | $\beta_{16}$ | -0,2368 | $\beta_{22}$ | 0,0741 | $\beta_{27}$ | 0,2351 | $\beta_{33}$ | -0,3970 | $\beta_{38}$ | -0,0237 |
| $\beta_2$ | -1,2017 | $\beta_{57}$ | -0,0044 | $\beta_{11}$ | -0,0011 | $\beta_{16}$ | -0,0612 | $\beta_{22}$ | -0,0223 | $\beta_{27}$ | 0,0142 | $\beta_{33}$ | -0,1933 | $\beta_{38}$ | -0,0401 |
| $\beta_3$ | -0,0038 | $\beta_{58}$ | -0,0303 | $\beta_{11}$ | 0,5148 | $\beta_{16}$ | -0,1575 | $\beta_{22}$ | -0,0356 | $\beta_{27}$ | -0,1096 | $\beta_{33}$ | -0,0350 | $\beta_{38}$ | -0,1292 |
| $\beta_4$ | 0,0000 | $\beta_{59}$ | -0,0463 | $\beta_{11}$ | 0,0518 | $\beta_{16}$ | -0,2016 | $\beta_{22}$ | -0,2024 | $\beta_{27}$ | 0,0065 | $\beta_{33}$ | 0,0203 | $\beta_{38}$ | -0,0841 |
| $\beta_5$ | 0,0108 | $\beta_{60}$ | (omitido | $\beta_{11}$ | 0,0942 | $\beta_{17}$ | 0,0390 | $\beta_{22}$ | -0,2229 | $\beta_{28}$ | -0,0799 | $\beta_{33}$ | -0,1487 | $\beta_{39}$ | 0,0455 |
| $\beta_6$ | 0,0094 | $\beta_{61}$ | (omitido | $\beta_{11}$ | -0,0704 | $\beta_{17}$ | -0,0022 | $\beta_{22}$ | (omitido | $\beta_{28}$ | -0,0706 | $\beta_{33}$ | -0,0302 | $\beta_{39}$ | -0,0315 |
| $\beta_7$ | 0,0082 | $\beta_{62}$ | (omitido | $\beta_{11}$ | -0,0999 | $\beta_{17}$ | -0,0149 | $\beta_{22}$ | 0,3284 | $\beta_{28}$ | 0,1458 | $\beta_{33}$ | -0,1023 | $\beta_{39}$ | -0,2899 |
| $\beta_8$ | 0,0152 | $\beta_{63}$ | (omitido | $\beta_{11}$ | -0,1874 | $\beta_{17}$ | -0,3092 | $\beta_{22}$ | -0,0394 | $\beta_{28}$ | -0,2132 | $\beta_{33}$ | 0,1241 | $\beta_{39}$ | 0,2097 |
| $\beta_9$ | 0,0115 | $\beta_{64}$ | -0,0878 | $\beta_{11}$ | 0,1348 | $\beta_{17}$ | -0,1080 | $\beta_{22}$ | -0,1627 | $\beta_{28}$ | (omitido | $\beta_{33}$ | -0,0880 | $\beta_{39}$ | -0,1231 |
| $\beta_1$ | 0,0134 | $\beta_{65}$ | -0,0161 | $\beta_{12}$ | -0,0793 | $\beta_{17}$ | -0,1494 | $\beta_{23}$ | 0,0972 | $\beta_{28}$ | (omitido | $\beta_{34}$ | 0,1223 | $\beta_{39}$ | -0,2195 |
| $\beta_1$ | 0,0006 | $\beta_{66}$ | -0,0448 | $\beta_{12}$ | 0,1358 | $\beta_{17}$ | 0,0621 | $\beta_{23}$ | -0,3876 | $\beta_{28}$ | -0,2175 | $\beta_{34}$ | -0,1961 | $\beta_{39}$ | -0,0425 |
| $\beta_1$ | 0,0001 | $\beta_{67}$ | -0,0224 | $\beta_{12}$ | 0,0563 | $\beta_{17}$ | 0,0145 | $\beta_{23}$ | -0,0513 | $\beta_{28}$ | -0,0899 | $\beta_{34}$ | -0,0417 | $\beta_{39}$ | -0,1831 |
| $\beta_1$ | 0,0020 | $\beta_{68}$ | -0,0394 | $\beta_{12}$ | -0,0592 | $\beta_{17}$ | 0,0532 | $\beta_{23}$ | 0,1054 | $\beta_{28}$ | -0,2286 | $\beta_{34}$ | -0,3056 | $\beta_{39}$ | -0,2392 |
| $\beta_1$ | 0,0004 | $\beta_{69}$ | (omitido | $\beta_{12}$ | -0,0384 | $\beta_{17}$ | -0,1032 | $\beta_{23}$ | -0,8891 | $\beta_{28}$ | (omitido | $\beta_{34}$ | -0,1001 | $\beta_{39}$ | -0,0807 |
| $\beta_1$ | 0,0014 | $\beta_{70}$ | 0,1555 | $\beta_{12}$ | -0,1322 | $\beta_{18}$ | -0,0949 | $\beta_{23}$ | -0,5444 | $\beta_{29}$ | -0,1916 | $\beta_{34}$ | (omitido | $\beta_{40}$ | -0,1483 |
| $\beta_1$ | -0,0022 | $\beta_{71}$ | -0,0134 | $\beta_{12}$ | -0,2577 | $\beta_{18}$ | -0,0985 | $\beta_{23}$ | 0,2008 | $\beta_{29}$ | -0,0277 | $\beta_{34}$ | 0,0501 | $\beta_{40}$ | 0,0909 |
| $\beta_1$ | -0,3213 | $\beta_{72}$ | 0,0519 | $\beta_{12}$ | 0,0348 | $\beta_{18}$ | -0,3008 | $\beta_{23}$ | -0,0122 | $\beta_{29}$ | 0,1040 | $\beta_{34}$ | -0,1591 | $\beta_{40}$ | -0,2784 |
| $\beta_1$ | -0,2177 | $\beta_{73}$ | -0,1625 | $\beta_{12}$ | -0,0176 | $\beta_{18}$ | -0,2499 | $\beta_{23}$ | -0,0012 | $\beta_{29}$ | -0,1396 | $\beta_{34}$ | -0,1454 | $\beta_{40}$ | -0,0642 |
| $\beta_1$ | 0,0565 | $\beta_{74}$ | -0,0650 | $\beta_{12}$ | -0,1109 | $\beta_{18}$ | (omitido | $\beta_{23}$ | -0,2285 | $\beta_{29}$ | 0,0018 | $\beta_{34}$ | -0,0549 | $\beta_{40}$ | -0,0392 |
| $\beta_2$ | -0,0975 | $\beta_{75}$ | (omitido | $\beta_{13}$ | -0,2502 | $\beta_{18}$ | -0,1604 | $\beta_{24}$ | -0,1497 | $\beta_{29}$ | -0,1220 | $\beta_{35}$ | -0,1344 | $\beta_{40}$ | 0,0041 |
| $\beta_2$ | -0,0100 | $\beta_{76}$ | (omitido | $\beta_{13}$ | 0,0406 | $\beta_{18}$ | -0,1512 | $\beta_{24}$ | -0,3745 | $\beta_{29}$ | -0,8325 | $\beta_{35}$ | -0,1409 | $\beta_{40}$ | -0,0577 |
| $\beta_2$ | 0,1871 | $\beta_{77}$ | 0,0313 | $\beta_{13}$ | -0,0417 | $\beta_{18}$ | -0,0143 | $\beta_{24}$ | (omitido | $\beta_{29}$ | 0,1421 | $\beta_{35}$ | 0,0412 | $\beta_{40}$ | -0,0461 |
| $\beta_2$ | -0,3107 | $\beta_{78}$ | -0,0937 | $\beta_{13}$ | -0,2844 | $\beta_{18}$ | 0,0625 | $\beta_{24}$ | -0,2760 | $\beta_{29}$ | (omitido | $\beta_{35}$ | -0,3830 | $\beta_{40}$ | 0,0948 |
| $\beta_2$ | -0,0078 | $\beta_{79}$ | -0,0283 | $\beta_{13}$ | 0,0793 | $\beta_{18}$ | -0,1358 | $\beta_{24}$ | 0,0227 | $\beta_{29}$ | 0,0737 | $\beta_{35}$ | 0,0960 | $\beta_{40}$ | -0,0831 |
| $\beta_2$ | -0,0388 | $\beta_{80}$ | 0,1490 | $\beta_{13}$ | -0,2100 | $\beta_{19}$ | -0,0583 | $\beta_{24}$ | -0,0134 | $\beta_{30}$ | -0,1909 | $\beta_{35}$ | 0,2094 | $\beta_{41}$ | -0,1019 |
| $\beta_2$ | (omitido | $\beta_{81}$ | -0,1693 | $\beta_{13}$ | 0,1148 | $\beta_{19}$ | -0,0417 | $\beta_{24}$ | -0,1065 | $\beta_{30}$ | -0,0681 | $\beta_{35}$ | 0,0399 | $\beta_{41}$ | -0,0136 |
| $\beta_2$ | 0,2059 | $\beta_{82}$ | -0,0757 | $\beta_{13}$ | -0,8914 | $\beta_{19}$ | -0,1072 | $\beta_{24}$ | -0,0282 | $\beta_{30}$ | -0,1206 | $\beta_{35}$ | -0,0424 | $\beta_{41}$ | 0,0486 |
| $\beta_2$ | (omitido | $\beta_{83}$ | 0,0189 | $\beta_{13}$ | -0,0470 | $\beta_{19}$ | 0,1132 | $\beta_{24}$ | 0,0179 | $\beta_{30}$ | -0,0170 | $\beta_{35}$ | 0,0987 | $\beta_{41}$ | -0,0612 |
| $\beta_2$ | (omitido | $\beta_{84}$ | -0,2271 | $\beta_{13}$ | -0,2064 | $\beta_{19}$ | -0,0142 | $\beta_{24}$ | -0,0775 | $\beta_{30}$ | -0,2128 | $\beta_{35}$ | -0,2750 | $\beta_{41}$ | -0,5138 |
| $\beta_3$ | (omitido | $\beta_{85}$ | -0,1080 | $\beta_{14}$ | 0,2863 | $\beta_{19}$ | -0,0525 | $\beta_{25}$ | -0,1686 | $\beta_{30}$ | -0,1757 | $\beta_{36}$ | -0,0422 | $\beta_{41}$ | -0,1588 |
| $\beta_3$ | 0,3432 | $\beta_{86}$ | 0,2015 | $\beta_{14}$ | 0,1453 | $\beta_{19}$ | -0,2823 | $\beta_{25}$ | 0,0802 | $\beta_{30}$ | -0,0781 | $\beta_{36}$ | 0,0540 | $\beta_{41}$ | -0,1277 |
| $\beta_3$ | 0,0430 | $\beta_{87}$ | -0,1513 | $\beta_{14}$ | -0,1474 | $\beta_{19}$ | 0,0125 | $\beta_{25}$ | 0,1104 | $\beta_{30}$ | 0,0503 | $\beta_{36}$ | -0,1484 | $\beta_{41}$ | -0,7733 |
| $\beta_3$ | 0,0319 | $\beta_{88}$ | 0,1173 | $\beta_{14}$ | 0,0540 | $\beta_{19}$ | -0,3482 | $\beta_{25}$ | 0,0593 | $\beta_{30}$ | -0,0680 | $\beta_{36}$ | -0,0648 | $\beta_{41}$ | -0,3919 |
| $\beta_3$ | 0,0221 | $\beta_{89}$ | (omitido | $\beta_{14}$ | 0,1061 | $\beta_{19}$ | -0,1742 | $\beta_{25}$ | -0,0386 | $\beta_{30}$ | -0,1472 | $\beta_{36}$ | -0,2024 | $\beta_{41}$ | 0,0291 |
| $\beta_3$ | -0,0192 | $\beta_{90}$ | -0,0232 | $\beta_{14}$ | -0,0280 | $\beta_{20}$ | -0,2236 | $\beta_{25}$ | 0,0868 | $\beta_{31}$ | -0,2890 | $\beta_{36}$ | -0,1684 | $\beta_{42}$ | -0,0826 |
| $\beta_3$ | (omitido | $\beta_{91}$ | -0,1730 | $\beta_{14}$ | -0,2026 | $\beta_{20}$ | -0,1008 | $\beta_{25}$ | -0,2628 | $\beta_{31}$ | 0,0821 | $\beta_{36}$ | -0,0502 | $\beta_{42}$ | 0,0763 |
| $\beta_3$ | 0,1713 | $\beta_{92}$ | 0,0039 | $\beta_{14}$ | 0,1673 | $\beta_{20}$ | -0,0672 | $\beta_{25}$ | -0,1844 | $\beta_{31}$ | 0,0230 | $\beta_{36}$ | 0,2023 | $\beta_{42}$ | -0,0269 |
| $\beta_3$ | (omitido | $\beta_{93}$ | 0,0309 | $\beta_{14}$ | (omitido | $\beta_{20}$ | -0,0887 | $\beta_{25}$ | 0,1458 | $\beta_{31}$ | -0,0552 | $\beta_{36}$ | -0,0194 | $\beta_{42}$ | 0,0660 |
| $\beta_3$ | (omitido | $\beta_{94}$ | -0,0203 | $\beta_{14}$ | 0,0021 | $\beta_{20}$ | 0,0331 | $\beta_{25}$ | -0,3101 | $\beta_{31}$ | -0,1236 | $\beta_{36}$ | -0,1053 | $\beta_{42}$ | -0,0953 |
| $\beta_4$ | (omitido | $\beta_{95}$ | 0,0385 | $\beta_{15}$ | -0,2910 | $\beta_{20}$ | 0,0147 | $\beta_{26}$ | -0,2408 | $\beta_{31}$ | -0,1870 | $\beta_{37}$ | -0,1491 | $\beta_{42}$ | 0,0723 |
| $\beta_4$ | (omitido | $\beta_{96}$ | 0,1833 | $\beta_{15}$ | -0,0611 | $\beta_{20}$ | 0,0313 | $\beta_{26}$ | 0,1409 | $\beta_{31}$ | -0,3373 | $\beta_{37}$ | -0,0842 | $\beta_{42}$ | 0,2660 |
| $\beta_4$ | 0,1677 | $\beta_{97}$ | -0,1689 | $\beta_{15}$ | 0,1664 | $\beta_{20}$ | -0,4685 | $\beta_{26}$ | -0,0869 | $\beta_{31}$ | -0,1071 | $\beta_{37}$ | 0,0842 | $\beta_{42}$ | 0,0606 |
| $\beta_4$ | (omitido | $\beta_{98}$ | 0,1028 | $\beta_{15}$ | 0,0095 | $\beta_{20}$ | 0,1060 | $\beta_{26}$ | 0,0921 | $\beta_{31}$ | -0,0398 | $\beta_{37}$ | -0,3374 | $\beta_{42}$ | -0,2791 |
| $\beta_4$ | 0,0155 | $\beta_{99}$ | 0,1378 | $\beta_{15}$ | -0,3595 | $\beta_{20}$ | -0,0552 | $\beta_{26}$ | -0,0796 | $\beta_{31}$ | -0,1013 | $\beta_{37}$ | 0,0364 | $\beta_{42}$ | 0,3997 |
| $\beta_4$ | -0,0151 | $\beta_{10}$ | -0,0153 | $\beta_{15}$ | 0,0011 | $\beta_{21}$ | -0,0304 | $\beta_{26}$ | -0,1240 | $\beta_{32}$ | (omitido | $\beta_{37}$ | -0,0851 | $\beta_{43}$ | -0,1054 |
| $\beta_4$ | 0,0611 | $\beta_{10}$ | 0,1584 | $\beta_{15}$ | 0,1343 | $\beta_{21}$ | -0,4158 | $\beta_{26}$ | -0,2793 | $\beta_{32}$ | 0,1983 | $\beta_{37}$ | -0,1824 | $\beta_{43}$ | -0,0099 |
| $\beta_4$ | -0,4103 | $\beta_{10}$ | 0,0379 | $\beta_{15}$ | -0,0639 | $\beta_{21}$ | -0,0107 | $\beta_{26}$ | -0,2000 | $\beta_{32}$ | -0,2621 | $\beta_{37}$ | 0,1643 | $\beta_{43}$ | -0,3040 |
| $\beta_4$ | -0,4805 | $\beta_{10}$ | -0,5234 | $\beta_{15}$ | -0,1442 | $\beta_{21}$ | -0,1131 | $\beta_{26}$ | 0,0507 | $\beta_{32}$ | 0,1596 | $\beta_{37}$ | -0,2447 | $\beta_{43}$ | 0,0262 |
| $\beta_4$ | -0,1953 | $\beta_{10}$ | -0,4616 | $\beta_{15}$ | -0,3237 | $\beta_{21}$ | -0,2666 | $\beta_{26}$ | -0,1038 | $\beta_{32}$ | -0,0443 | $\beta_{37}$ | -0,0183 | $\beta_{43}$ | 0,0395 |
| $\beta_5$ | 0,0792 | $\beta_{10}$ | (omitido | $\beta_{16}$ | -0,2664 | $\beta_{21}$ | -0,9316 | $\beta_{27}$ | 0,1398 | $\beta_{32}$ | (omitido | $\beta_{38}$ | -0,1318 | $\beta_{43}$ | -0,1448 |
| $\beta_5$ | 0,0548 | $\beta_{10}$ | -0,1881 | $\beta_{16}$ | -0,3186 | $\beta_{21}$ | -0,0184 | $\beta_{27}$ | -0,0556 | $\beta_{32}$ | -0,1319 | $\beta_{38}$ | -0,2090 | $\beta_{43}$ | -0,1142 |
| $\beta_5$ | (omitido | $\beta_{10}$ | -0,0553 | $\beta_{16}$ | -0,5616 | $\beta_{21}$ | -0,0615 | $\beta_{27}$ | -0,0984 | $\beta_{32}$ | -0,0266 | $\beta_{38}$ | -0,1375 | $\beta_{43}$ | (omitido |
| $\beta_5$ | (omitido | $\beta_{10}$ | -0,1684 | $\beta_{16}$ | -0,0120 | $\beta_{21}$ | -0,0218 | $\beta_{27}$ | -0,1942 | $\beta_{32}$ | -0,1006 | $\beta_{38}$ | 0,1210 | $\beta_{43}$ | (omitido |
| $\beta_5$ | 0,0557 | $\beta_{10}$ | 0,1278 | $\beta_{16}$ | 0,1397 | $\beta_{21}$ | -0,1918 | $\beta_{27}$ | 0,0063 | $\beta_{32}$ | -0,0024 | $\beta_{38}$ | 0,2378 | | |

*(omitido) – Omitido por colinearidade

$$
\begin{aligned}
\mathbf{Y}\,(\textbf{Nota de condução}) &= \beta_0 + \beta_1(\textbf{monitoramento}) + \beta_2(\textbf{peso médio transportado}) \\
&+ \beta_3(\textbf{logaritmo da quilometragem}) + \beta_4(\textbf{distância percorrida}) \\
&+ \beta_5(\textbf{logaritmo da velocidade média}) + \beta_6(\boldsymbol{dummy}\ \textbf{mês}) + \cdots \\
&+ \beta_{16}(\boldsymbol{dummy}\ \textbf{mês}) + \beta_{17}(\boldsymbol{dummy}\ \textbf{eixo}) + \cdots + \beta_{23}(\boldsymbol{dummy}\ \textbf{eixo}) \\
&+ \beta_{24}(\boldsymbol{dummy}\ \textbf{cabine}) + \cdots + \beta_{26}(\boldsymbol{dummy}\ \textbf{cabine}) + \beta_{27}(\boldsymbol{dummy}\ \textbf{motor}) + \cdots \\
&+ \beta_{43}(\boldsymbol{dummy}\ \textbf{motor}) + \beta_{44}(\boldsymbol{dummy}\ \textbf{aplicação}) + \cdots + \beta_{48}(\boldsymbol{dummy}\ \textbf{aplicação}) \\
&+ \beta_{49}(\boldsymbol{dummy}\ \textbf{classe}) + \beta_{50}(\boldsymbol{dummy}\ \textbf{classe}) \\
&+ \beta_{51}(\boldsymbol{dummy}\ \textbf{altura defletor teto}) + \cdots + \beta_{55}(\boldsymbol{dummy}\ \textbf{altura defletor teto}) \\
&+ \beta_{56}(\boldsymbol{dummy}\ \textbf{altura teto}) + \beta_{57}(\boldsymbol{dummy}\ \textbf{altura teto}) \\
&+ \beta_{58}(\boldsymbol{dummy}\ \textbf{comprimento defletor}) + \cdots \\
&+ \beta_{63}(\boldsymbol{dummy}\ \textbf{comprimento defletor}) + \beta_{64}(\textbf{dummy região}) + \cdots \\
&+ \beta_{67}(\textbf{dummy região}) + \beta_{68}(\boldsymbol{dummy}\ \textbf{configuração de roda}) + \cdots \\
&+ \beta_{76}(\boldsymbol{dummy}\ \textbf{configuração de roda}) + \beta_{77}(\textbf{dummy transportadora}) + \cdots \\
&+ \beta_{438}(\textbf{dummy transportadora}
\end{aligned}
$$

## Onde:

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\beta_0$ | 0,6292 | $\beta_{55}$ | (omitido | $\beta_{11}$ | -0,1118 | $\beta_{16}$ | -0,1131 | $\beta_{22}$ | -0,1366 | $\beta_{27}$ | -0,1100 | $\beta_{33}$ | -0,0870 | $\beta_{38}$ | -0,0550 |
| $\beta_1$ | 0,0143 | $\beta_{56}$ | -0,0013 | $\beta_{11}$ | -0,2617 | $\beta_{16}$ | -0,1381 | $\beta_{22}$ | -0,0925 | $\beta_{27}$ | -0,0937 | $\beta_{33}$ | -0,1247 | $\beta_{38}$ | -0,1446 |
| $\beta_2$ | -0,0055 | $\beta_{57}$ | 0,0022 | $\beta_{11}$ | -0,1038 | $\beta_{16}$ | -0,0672 | $\beta_{22}$ | -0,0936 | $\beta_{27}$ | -0,1806 | $\beta_{33}$ | 0,1577 | $\beta_{38}$ | -0,1042 |
| $\beta_3$ | 0,0001 | $\beta_{58}$ | 0,0094 | $\beta_{11}$ | 0,1498 | $\beta_{16}$ | -0,1002 | $\beta_{22}$ | -0,1222 | $\beta_{27}$ | -0,1171 | $\beta_{33}$ | -0,0279 | $\beta_{38}$ | -0,1336 |
| $\beta_4$ | 0,0000 | $\beta_{59}$ | -0,0015 | $\beta_{11}$ | -0,0589 | $\beta_{16}$ | -0,1563 | $\beta_{22}$ | -0,1078 | $\beta_{27}$ | -0,0886 | $\beta_{33}$ | -0,1157 | $\beta_{38}$ | -0,0649 |
| $\beta_5$ | -0,0016 | $\beta_{60}$ | (omitido | $\beta_{11}$ | -0,0519 | $\beta_{17}$ | -0,1090 | $\beta_{22}$ | -0,1375 | $\beta_{28}$ | -0,0704 | $\beta_{33}$ | -0,1416 | $\beta_{39}$ | -0,0480 |
| $\beta_6$ | -0,0014 | $\beta_{61}$ | (omitido | $\beta_{11}$ | -0,1095 | $\beta_{17}$ | -0,1307 | $\beta_{22}$ | (omitido | $\beta_{28}$ | -0,0919 | $\beta_{33}$ | -0,1424 | $\beta_{39}$ | -0,1021 |
| $\beta_7$ | -0,0015 | $\beta_{62}$ | (omitido | $\beta_{11}$ | -0,0978 | $\beta_{17}$ | -0,0984 | $\beta_{22}$ | -0,0002 | $\beta_{28}$ | -0,1578 | $\beta_{33}$ | -0,0256 | $\beta_{39}$ | -0,0874 |
| $\beta_8$ | -0,0030 | $\beta_{63}$ | (omitido | $\beta_{11}$ | -0,0801 | $\beta_{17}$ | -0,1405 | $\beta_{22}$ | -0,0313 | $\beta_{28}$ | -0,1227 | $\beta_{33}$ | -0,0562 | $\beta_{39}$ | -0,0218 |
| $\beta_9$ | -0,0002 | $\beta_{64}$ | -0,0199 | $\beta_{11}$ | -0,1044 | $\beta_{17}$ | -0,0924 | $\beta_{22}$ | -0,1647 | $\beta_{28}$ | (omitido | $\beta_{33}$ | -0,0808 | $\beta_{39}$ | -0,1726 |
| $\beta_1$ | 0,0026 | $\beta_{65}$ | 0,0111 | $\beta_{12}$ | -0,0242 | $\beta_{17}$ | -0,0239 | $\beta_{23}$ | -0,0603 | $\beta_{28}$ | (omitido | $\beta_{34}$ | -0,0813 | $\beta_{39}$ | -0,1177 |
| $\beta_1$ | 0,0020 | $\beta_{66}$ | 0,0097 | $\beta_{12}$ | -0,0795 | $\beta_{17}$ | 0,0643 | $\beta_{23}$ | -0,1256 | $\beta_{28}$ | -0,0340 | $\beta_{34}$ | -0,1356 | $\beta_{39}$ | -0,1342 |
| $\beta_1$ | 0,0054 | $\beta_{67}$ | 0,0214 | $\beta_{12}$ | -0,0297 | $\beta_{17}$ | -0,0946 | $\beta_{23}$ | 0,0842 | $\beta_{28}$ | -0,1130 | $\beta_{34}$ | -0,0704 | $\beta_{39}$ | -0,1078 |
| $\beta_1$ | 0,0055 | $\beta_{68}$ | -0,0711 | $\beta_{12}$ | -0,1009 | $\beta_{17}$ | -0,1489 | $\beta_{23}$ | -0,0358 | $\beta_{28}$ | -0,1150 | $\beta_{34}$ | -0,1469 | $\beta_{39}$ | -0,1415 |
| $\beta_1$ | 0,0046 | $\beta_{69}$ | (omitido | $\beta_{12}$ | -0,1365 | $\beta_{17}$ | -0,0790 | $\beta_{23}$ | -0,1628 | $\beta_{28}$ | (omitido | $\beta_{34}$ | -0,1003 | $\beta_{39}$ | -0,0651 |
| $\beta_1$ | 0,0050 | $\beta_{70}$ | 0,1045 | $\beta_{12}$ | -0,0978 | $\beta_{18}$ | -0,0459 | $\beta_{23}$ | -0,0770 | $\beta_{29}$ | -0,1019 | $\beta_{34}$ | (omitido | $\beta_{40}$ | -0,0838 |
| $\beta_1$ | 0,0041 | $\beta_{71}$ | 0,0166 | $\beta_{12}$ | -0,1447 | $\beta_{18}$ | -0,0554 | $\beta_{23}$ | -0,0268 | $\beta_{29}$ | 0,1296 | $\beta_{34}$ | -0,0827 | $\beta_{40}$ | -0,0148 |
| $\beta_1$ | 0,0360 | $\beta_{72}$ | 0,2674 | $\beta_{12}$ | -0,0105 | $\beta_{18}$ | -0,1189 | $\beta_{23}$ | -0,0285 | $\beta_{29}$ | -0,1985 | $\beta_{34}$ | -0,0448 | $\beta_{40}$ | -0,1586 |
| $\beta_1$ | 0,0440 | $\beta_{73}$ | -0,2209 | $\beta_{12}$ | -0,0872 | $\beta_{18}$ | -0,1725 | $\beta_{23}$ | -0,1406 | $\beta_{29}$ | -0,0848 | $\beta_{34}$ | -0,1334 | $\beta_{40}$ | -0,1285 |
| $\beta_1$ | 0,3156 | $\beta_{74}$ | 0,0333 | $\beta_{12}$ | -0,0786 | $\beta_{18}$ | (omitido | $\beta_{23}$ | -0,1287 | $\beta_{29}$ | -0,1281 | $\beta_{34}$ | -0,1232 | $\beta_{40}$ | -0,1129 |
| $\beta_2$ | 0,2375 | $\beta_{75}$ | (omitido | $\beta_{13}$ | -0,1021 | $\beta_{18}$ | -0,1123 | $\beta_{24}$ | -0,0428 | $\beta_{29}$ | -0,1597 | $\beta_{35}$ | 0,0615 | $\beta_{40}$ | -0,1420 |
| $\beta_2$ | 0,2657 | $\beta_{76}$ | (omitido | $\beta_{13}$ | -0,0684 | $\beta_{18}$ | -0,1084 | $\beta_{24}$ | -0,1252 | $\beta_{29}$ | -0,1004 | $\beta_{35}$ | -0,0400 | $\beta_{40}$ | -0,1196 |
| $\beta_2$ | 0,3388 | $\beta_{77}$ | -0,0851 | $\beta_{13}$ | -0,0469 | $\beta_{18}$ | -0,0836 | $\beta_{24}$ | (omitido | $\beta_{29}$ | -0,0890 | $\beta_{35}$ | 0,0234 | $\beta_{40}$ | -0,1169 |
| $\beta_2$ | 0,0297 | $\beta_{78}$ | -0,1012 | $\beta_{13}$ | -0,1166 | $\beta_{18}$ | -0,1318 | $\beta_{24}$ | -0,1510 | $\beta_{29}$ | (omitido | $\beta_{35}$ | -0,1330 | $\beta_{40}$ | -0,1093 |
| $\beta_2$ | -0,0208 | $\beta_{79}$ | -0,0795 | $\beta_{13}$ | -0,0619 | $\beta_{18}$ | 0,0252 | $\beta_{24}$ | -0,0638 | $\beta_{29}$ | -0,0087 | $\beta_{35}$ | -0,0448 | $\beta_{40}$ | -0,1269 |
| $\beta_2$ | -0,0046 | $\beta_{80}$ | 0,1901 | $\beta_{13}$ | -0,1105 | $\beta_{19}$ | -0,0157 | $\beta_{24}$ | -0,0472 | $\beta_{30}$ | -0,1283 | $\beta_{35}$ | -0,0581 | $\beta_{41}$ | -0,1086 |
| $\beta_2$ | 0,0000 | $\beta_{81}$ | -0,1621 | $\beta_{13}$ | 0,1087 | $\beta_{19}$ | -0,0502 | $\beta_{24}$ | -0,0843 | $\beta_{30}$ | -0,1498 | $\beta_{35}$ | -0,0175 | $\beta_{41}$ | -0,0101 |
| $\beta_2$ | -0,0313 | $\beta_{82}$ | -0,0717 | $\beta_{13}$ | -0,2127 | $\beta_{19}$ | -0,0818 | $\beta_{24}$ | -0,1263 | $\beta_{30}$ | -0,1323 | $\beta_{35}$ | -0,0054 | $\beta_{41}$ | -0,0928 |
| $\beta_2$ | (omitido | $\beta_{83}$ | -0,1222 | $\beta_{13}$ | -0,1346 | $\beta_{19}$ | -0,0380 | $\beta_{24}$ | -0,0769 | $\beta_{30}$ | -0,1128 | $\beta_{35}$ | -0,0517 | $\beta_{41}$ | -0,0788 |
| $\beta_2$ | (omitido | $\beta_{84}$ | -0,0583 | $\beta_{13}$ | -0,1133 | $\beta_{19}$ | -0,1101 | $\beta_{24}$ | -0,1103 | $\beta_{30}$ | 0,0445 | $\beta_{35}$ | -0,1168 | $\beta_{41}$ | -0,1629 |
| $\beta_3$ | (omitido | $\beta_{85}$ | -0,0768 | $\beta_{14}$ | 0,1754 | $\beta_{19}$ | -0,0874 | $\beta_{25}$ | -0,1132 | $\beta_{30}$ | -0,1346 | $\beta_{36}$ | -0,0911 | $\beta_{41}$ | -0,0532 |
| $\beta_3$ | 0,1965 | $\beta_{86}$ | -0,0597 | $\beta_{14}$ | -0,0797 | $\beta_{19}$ | -0,1860 | $\beta_{25}$ | -0,0830 | $\beta_{30}$ | -0,1410 | $\beta_{36}$ | -0,0383 | $\beta_{41}$ | -0,0946 |
| $\beta_3$ | -0,0331 | $\beta_{87}$ | -0,1393 | $\beta_{14}$ | -0,0681 | $\beta_{19}$ | -0,0426 | $\beta_{25}$ | -0,0712 | $\beta_{30}$ | -0,1161 | $\beta_{36}$ | 0,0376 | $\beta_{41}$ | -0,2770 |
| $\beta_3$ | -0,0302 | $\beta_{88}$ | -0,0666 | $\beta_{14}$ | -0,1130 | $\beta_{19}$ | -0,1152 | $\beta_{25}$ | 0,0753 | $\beta_{30}$ | -0,1332 | $\beta_{36}$ | -0,1158 | $\beta_{41}$ | -0,1115 |
| $\beta_3$ | -0,0302 | $\beta_{89}$ | (omitido | $\beta_{14}$ | -0,1350 | $\beta_{19}$ | -0,1247 | $\beta_{25}$ | -0,0106 | $\beta_{30}$ | -0,0772 | $\beta_{36}$ | -0,0790 | $\beta_{41}$ | -0,1263 |
| $\beta_3$ | -0,0400 | $\beta_{90}$ | -0,0670 | $\beta_{14}$ | -0,0800 | $\beta_{20}$ | -0,1408 | $\beta_{25}$ | -0,1141 | $\beta_{31}$ | -0,1252 | $\beta_{36}$ | -0,1433 | $\beta_{42}$ | -0,0753 |
| $\beta_3$ | 0,0000 | $\beta_{91}$ | -0,0781 | $\beta_{14}$ | -0,1194 | $\beta_{20}$ | -0,0479 | $\beta_{25}$ | -0,1443 | $\beta_{31}$ | -0,1571 | $\beta_{36}$ | -0,1023 | $\beta_{42}$ | 0,0963 |
| $\beta_3$ | -0,0152 | $\beta_{92}$ | -0,1002 | $\beta_{14}$ | 0,0944 | $\beta_{20}$ | -0,1078 | $\beta_{25}$ | -0,1453 | $\beta_{31}$ | -0,1119 | $\beta_{36}$ | -0,0690 | $\beta_{42}$ | -0,0980 |
| $\beta_3$ | (omitido | $\beta_{93}$ | -0,0804 | $\beta_{14}$ | (omitido | $\beta_{20}$ | -0,1070 | $\beta_{25}$ | 0,1230 | $\beta_{31}$ | -0,0444 | $\beta_{36}$ | -0,0707 | $\beta_{42}$ | -0,1451 |
| $\beta_3$ | (omitido | $\beta_{94}$ | 0,0713 | $\beta_{14}$ | -0,2042 | $\beta_{20}$ | -0,1248 | $\beta_{25}$ | -0,0758 | $\beta_{31}$ | -0,1244 | $\beta_{36}$ | -0,1045 | $\beta_{42}$ | -0,1079 |
| $\beta_4$ | (omitido | $\beta_{95}$ | -0,1200 | $\beta_{15}$ | -0,0990 | $\beta_{20}$ | -0,0628 | $\beta_{26}$ | -0,1332 | $\beta_{31}$ | -0,0918 | $\beta_{37}$ | -0,0816 | $\beta_{42}$ | -0,0906 |
| $\beta_4$ | (omitido | $\beta_{96}$ | -0,0218 | $\beta_{15}$ | -0,0309 | $\beta_{20}$ | -0,1462 | $\beta_{26}$ | -0,0838 | $\beta_{31}$ | -0,1607 | $\beta_{37}$ | -0,2312 | $\beta_{42}$ | -0,0630 |
| $\beta_4$ | 0,0030 | $\beta_{97}$ | -0,1248 | $\beta_{15}$ | 0,0329 | $\beta_{20}$ | -0,1308 | $\beta_{26}$ | -0,0912 | $\beta_{31}$ | -0,0459 | $\beta_{37}$ | -0,1655 | $\beta_{42}$ | -0,1059 |
| $\beta_4$ | 0,0000 | $\beta_{98}$ | -0,0328 | $\beta_{15}$ | -0,0455 | $\beta_{20}$ | -0,0823 | $\beta_{26}$ | -0,0449 | $\beta_{31}$ | -0,0044 | $\beta_{37}$ | -0,2414 | $\beta_{42}$ | -0,1328 |
| $\beta_4$ | -0,0174 | $\beta_{99}$ | -0,1349 | $\beta_{15}$ | 0,0775 | $\beta_{20}$ | -0,0983 | $\beta_{26}$ | -0,0234 | $\beta_{31}$ | -0,1112 | $\beta_{37}$ | -0,0850 | $\beta_{42}$ | 0,0883 |
| $\beta_4$ | -0,0306 | $\beta_{10}$ | -0,1406 | $\beta_{15}$ | -0,0613 | $\beta_{21}$ | -0,0832 | $\beta_{26}$ | -0,0923 | $\beta_{32}$ | (omitido | $\beta_{37}$ | -0,0126 | $\beta_{43}$ | -0,1236 |
| $\beta_4$ | 0,0874 | $\beta_{10}$ | -0,0729 | $\beta_{15}$ | -0,0955 | $\beta_{21}$ | -0,1642 | $\beta_{26}$ | -0,1773 | $\beta_{32}$ | 0,0432 | $\beta_{37}$ | -0,1497 | $\beta_{43}$ | -0,0668 |
| $\beta_4$ | 0,1214 | $\beta_{10}$ | -0,1172 | $\beta_{15}$ | -0,0977 | $\beta_{21}$ | -0,1370 | $\beta_{26}$ | -0,1798 | $\beta_{32}$ | -0,1384 | $\beta_{37}$ | -0,0762 | $\beta_{43}$ | -0,0663 |
| $\beta_4$ | 0,1399 | $\beta_{10}$ | -0,1367 | $\beta_{15}$ | -0,0076 | $\beta_{21}$ | -0,0591 | $\beta_{26}$ | -0,1419 | $\beta_{32}$ | 0,0017 | $\beta_{37}$ | -0,0854 | $\beta_{43}$ | 0,0072 |
| $\beta_4$ | 0,1217 | $\beta_{10}$ | -0,1660 | $\beta_{15}$ | -0,1123 | $\beta_{21}$ | -0,1198 | $\beta_{26}$ | -0,1039 | $\beta_{32}$ | -0,0596 | $\beta_{37}$ | -0,1370 | $\beta_{43}$ | -0,0939 |
| $\beta_5$ | 0,1634 | $\beta_{10}$ | (omitido | $\beta_{16}$ | -0,1631 | $\beta_{21}$ | -0,2336 | $\beta_{27}$ | -0,0598 | $\beta_{32}$ | (omitido | $\beta_{38}$ | -0,1119 | $\beta_{43}$ | -0,0453 |
| $\beta_5$ | 0,0018 | $\beta_{10}$ | -0,1696 | $\beta_{16}$ | -0,0172 | $\beta_{21}$ | -0,1070 | $\beta_{27}$ | -0,1117 | $\beta_{32}$ | -0,1094 | $\beta_{38}$ | -0,0067 | $\beta_{43}$ | -0,0523 |
| $\beta_5$ | (omitido | $\beta_{10}$ | -0,0923 | $\beta_{16}$ | -0,2225 | $\beta_{21}$ | 0,0096 | $\beta_{27}$ | -0,0750 | $\beta_{32}$ | -0,1017 | $\beta_{38}$ | -0,1011 | $\beta_{43}$ | (omitido |
| $\beta_5$ | (omitido | $\beta_{10}$ | -0,0774 | $\beta_{16}$ | -0,0278 | $\beta_{21}$ | 0,1312 | $\beta_{27}$ | -0,1495 | $\beta_{32}$ | -0,0887 | $\beta_{38}$ | -0,1136 | $\beta_{43}$ | (omitido |
| $\beta_5$ | -0,0003 | $\beta_{10}$ | -0,1114 | $\beta_{16}$ | -0,0395 | $\beta_{21}$ | -0,0726 | $\beta_{27}$ | -0,1145 | $\beta_{32}$ | -0,0878 | $\beta_{38}$ | -0,1115 | | |

*(omitido) – Omitido por colinearidade

$$
\begin{aligned}
\mathbf{Y}\,(\textbf{Frenagens bruscas}) &= \beta_0 + \beta_1(\textbf{monitoramento}) + \beta_2(\textbf{peso médio transportado}) \\
&+ \beta_3(\textbf{logaritmo da quilometragem}) + \beta_4(\textbf{distância percorrida}) \\
&+ \beta_5(\textbf{logaritmo da velocidade média}) + \beta_6(\boldsymbol{dummy}\ \textbf{mês}) + \cdots \\
&+ \beta_{16}(\boldsymbol{dummy}\ \textbf{mês}) + \beta_{17}(\boldsymbol{dummy}\ \textbf{eixo}) + \cdots + \beta_{23}(\boldsymbol{dummy}\ \textbf{eixo}) \\
&+ \beta_{24}(\boldsymbol{dummy}\ \textbf{cabine}) + \cdots + \beta_{26}(\boldsymbol{dummy}\ \textbf{cabine}) + \beta_{27}(\boldsymbol{dummy}\ \textbf{motor}) + \cdots \\
&+ \beta_{43}(\boldsymbol{dummy}\ \textbf{motor}) + \beta_{44}(\boldsymbol{dummy}\ \textbf{aplicação}) + \cdots + \beta_{48}(\boldsymbol{dummy}\ \textbf{aplicação}) \\
&+ \beta_{49}(\boldsymbol{dummy}\ \textbf{classe}) + \beta_{50}(\boldsymbol{dummy}\ \textbf{classe}) \\
&+ \beta_{51}(\boldsymbol{dummy}\ \textbf{altura defletor teto}) + \cdots + \beta_{55}(\boldsymbol{dummy}\ \textbf{altura defletor teto}) \\
&+ \beta_{56}(\boldsymbol{dummy}\ \textbf{altura teto}) + \beta_{57}(\boldsymbol{dummy}\ \textbf{altura teto}) \\
&+ \beta_{58}(\boldsymbol{dummy}\ \textbf{comprimento defletor}) + \cdots \\
&+ \beta_{63}(\boldsymbol{dummy}\ \textbf{comprimento defletor}) + \beta_{64}(\textbf{dummy região}) + \cdots \\
&+ \beta_{67}(\textbf{dummy região}) + \beta_{68}(\boldsymbol{dummy}\ \textbf{configuração de roda}) + \cdots \\
&+ \beta_{76}(\boldsymbol{dummy}\ \textbf{configuração de roda}) + \beta_{77}(\textbf{dummy transportadora}) + \cdots \\
&+ \beta_{438}(\textbf{dummy transportadora}
\end{aligned}
$$

## Onde:

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\beta_0$ | 3,6587 | $\beta_{55}$ | (omitido | $\beta_{11}$ | -0,0674 | $\beta_{16}$ | 0,4949 | $\beta_{22}$ | 0,7507 | $\beta_{27}$ | 0,2178 | $\beta_{33}$ | 0,1441 | $\beta_{38}$ | 0,1339 |
| $\beta_1$ | -0,0356 | $\beta_{56}$ | 0,0554 | $\beta_{11}$ | 0,6749 | $\beta_{16}$ | 0,1533 | $\beta_{22}$ | -0,0713 | $\beta_{27}$ | -0,0335 | $\beta_{33}$ | 0,3895 | $\beta_{38}$ | 0,1193 |
| $\beta_2$ | -0,6454 | $\beta_{57}$ | 0,0659 | $\beta_{11}$ | -0,0373 | $\beta_{16}$ | 0,5774 | $\beta_{22}$ | 0,6431 | $\beta_{27}$ | 0,1552 | $\beta_{33}$ | -0,3423 | $\beta_{38}$ | -0,0192 |
| $\beta_3$ | 0,0127 | $\beta_{58}$ | 0,0362 | $\beta_{11}$ | -0,6456 | $\beta_{16}$ | 0,1248 | $\beta_{22}$ | 0,1319 | $\beta_{27}$ | 0,2694 | $\beta_{33}$ | -0,3229 | $\beta_{38}$ | 0,2536 |
| $\beta_4$ | 0,0000 | $\beta_{59}$ | -0,0592 | $\beta_{11}$ | 0,1294 | $\beta_{16}$ | 0,1297 | $\beta_{22}$ | 0,1124 | $\beta_{27}$ | 0,1524 | $\beta_{33}$ | 0,1556 | $\beta_{38}$ | 0,2137 |
| $\beta_5$ | -0,0031 | $\beta_{60}$ | (omitido | $\beta_{11}$ | 0,1244 | $\beta_{17}$ | 0,0198 | $\beta_{22}$ | -0,1332 | $\beta_{28}$ | -0,0700 | $\beta_{33}$ | 0,1961 | $\beta_{39}$ | 0,1364 |
| $\beta_6$ | -0,0033 | $\beta_{61}$ | (omitido | $\beta_{11}$ | -0,0322 | $\beta_{17}$ | 0,0488 | $\beta_{22}$ | (omitido | $\beta_{28}$ | -0,0375 | $\beta_{33}$ | 0,1206 | $\beta_{39}$ | 0,1539 |
| $\beta_7$ | 0,0290 | $\beta_{62}$ | (omitido | $\beta_{11}$ | 0,4653 | $\beta_{17}$ | 0,0720 | $\beta_{22}$ | 0,0012 | $\beta_{28}$ | 0,3175 | $\beta_{33}$ | -0,1144 | $\beta_{39}$ | 0,2967 |
| $\beta_8$ | 0,0474 | $\beta_{63}$ | (omitido | $\beta_{11}$ | -0,1819 | $\beta_{17}$ | 0,0957 | $\beta_{22}$ | 0,4029 | $\beta_{28}$ | 0,0260 | $\beta_{33}$ | -0,0304 | $\beta_{39}$ | -0,2419 |
| $\beta_9$ | 0,0289 | $\beta_{64}$ | 0,2460 | $\beta_{11}$ | -0,1728 | $\beta_{17}$ | 0,8810 | $\beta_{22}$ | 0,1513 | $\beta_{28}$ | (omitido | $\beta_{33}$ | 0,0570 | $\beta_{39}$ | -0,0021 |
| $\beta_1$ | 0,0193 | $\beta_{65}$ | 0,2166 | $\beta_{12}$ | 0,5626 | $\beta_{17}$ | 0,3472 | $\beta_{23}$ | -0,0268 | $\beta_{28}$ | (omitido | $\beta_{34}$ | -0,1210 | $\beta_{39}$ | 0,0175 |
| $\beta_1$ | 0,0173 | $\beta_{66}$ | 0,2076 | $\beta_{12}$ | -0,2277 | $\beta_{17}$ | 0,0196 | $\beta_{23}$ | -0,1841 | $\beta_{28}$ | 0,2874 | $\beta_{34}$ | 0,0402 | $\beta_{39}$ | 0,4189 |
| $\beta_1$ | -0,0014 | $\beta_{67}$ | 0,1376 | $\beta_{12}$ | 0,8876 | $\beta_{17}$ | -0,3360 | $\beta_{23}$ | -0,2239 | $\beta_{28}$ | 0,2647 | $\beta_{34}$ | 0,0524 | $\beta_{39}$ | 0,1570 |
| $\beta_1$ | -0,0167 | $\beta_{68}$ | -0,2302 | $\beta_{12}$ | 0,3422 | $\beta_{17}$ | -0,0030 | $\beta_{23}$ | -0,0698 | $\beta_{28}$ | -0,0393 | $\beta_{34}$ | 0,2881 | $\beta_{39}$ | 0,0803 |
| $\beta_1$ | -0,0179 | $\beta_{69}$ | (omitido | $\beta_{12}$ | 0,3961 | $\beta_{17}$ | 0,0054 | $\beta_{23}$ | 0,1513 | $\beta_{28}$ | (omitido | $\beta_{34}$ | -0,0400 | $\beta_{39}$ | 0,0847 |
| $\beta_1$ | -0,0255 | $\beta_{70}$ | -0,1363 | $\beta_{12}$ | 0,1945 | $\beta_{18}$ | -0,1497 | $\beta_{23}$ | 0,6438 | $\beta_{29}$ | -0,0576 | $\beta_{34}$ | (omitido | $\beta_{40}$ | 0,0117 |
| $\beta_1$ | -0,0190 | $\beta_{71}$ | -0,0790 | $\beta_{12}$ | -0,0543 | $\beta_{18}$ | 0,4914 | $\beta_{23}$ | -0,0853 | $\beta_{29}$ | -0,6819 | $\beta_{34}$ | -0,2417 | $\beta_{40}$ | 1,9208 |
| $\beta_1$ | -0,2943 | $\beta_{72}$ | -0,5445 | $\beta_{12}$ | -0,5375 | $\beta_{18}$ | 0,6023 | $\beta_{23}$ | -0,2090 | $\beta_{29}$ | 0,4011 | $\beta_{34}$ | -0,0340 | $\beta_{40}$ | 0,0051 |
| $\beta_1$ | -0,3055 | $\beta_{73}$ | 0,6070 | $\beta_{12}$ | 0,4381 | $\beta_{18}$ | 0,5719 | $\beta_{23}$ | 0,0703 | $\beta_{29}$ | 0,0162 | $\beta_{34}$ | 0,2106 | $\beta_{40}$ | 0,3708 |
| $\beta_1$ | -0,5436 | $\beta_{74}$ | -0,3018 | $\beta_{12}$ | 0,0402 | $\beta_{18}$ | (omitido | $\beta_{23}$ | 1,1016 | $\beta_{29}$ | 0,0894 | $\beta_{34}$ | 0,6715 | $\beta_{40}$ | 0,1605 |
| $\beta_2$ | -0,3439 | $\beta_{75}$ | (omitido | $\beta_{13}$ | 0,1620 | $\beta_{18}$ | 0,0311 | $\beta_{24}$ | -0,1627 | $\beta_{29}$ | -0,0469 | $\beta_{35}$ | -0,2798 | $\beta_{40}$ | 0,5107 |
| $\beta_2$ | -0,6235 | $\beta_{76}$ | (omitido | $\beta_{13}$ | 0,2103 | $\beta_{18}$ | 0,0613 | $\beta_{24}$ | -0,2043 | $\beta_{29}$ | -0,0282 | $\beta_{35}$ | 0,1575 | $\beta_{40}$ | 0,0946 |
| $\beta_2$ | -0,6350 | $\beta_{77}$ | 0,4216 | $\beta_{13}$ | -0,5415 | $\beta_{18}$ | 0,1225 | $\beta_{24}$ | (omitido | $\beta_{29}$ | -0,1523 | $\beta_{35}$ | -0,1419 | $\beta_{40}$ | 0,3320 |
| $\beta_2$ | -0,3831 | $\beta_{78}$ | 0,6145 | $\beta_{13}$ | 0,2292 | $\beta_{18}$ | 0,0548 | $\beta_{24}$ | 0,2151 | $\beta_{29}$ | (omitido | $\beta_{35}$ | 0,2870 | $\beta_{40}$ | 0,2369 |
| $\beta_2$ | 0,0627 | $\beta_{79}$ | 0,8500 | $\beta_{13}$ | -0,3385 | $\beta_{18}$ | -0,6214 | $\beta_{24}$ | 0,1846 | $\beta_{29}$ | -0,3778 | $\beta_{35}$ | -0,1104 | $\beta_{40}$ | 0,1583 |
| $\beta_2$ | 0,0658 | $\beta_{80}$ | -0,3699 | $\beta_{13}$ | 0,0247 | $\beta_{19}$ | -0,1549 | $\beta_{24}$ | 0,3097 | $\beta_{30}$ | 0,1567 | $\beta_{35}$ | -0,0951 | $\beta_{41}$ | 0,0636 |
| $\beta_2$ | (omitido | $\beta_{81}$ | -0,1316 | $\beta_{13}$ | -0,0732 | $\beta_{19}$ | -0,3466 | $\beta_{24}$ | 0,4447 | $\beta_{30}$ | -0,0446 | $\beta_{35}$ | -0,2604 | $\beta_{41}$ | -0,2337 |
| $\beta_2$ | 0,2296 | $\beta_{82}$ | 0,1728 | $\beta_{13}$ | -0,1102 | $\beta_{19}$ | 0,1151 | $\beta_{24}$ | 0,0253 | $\beta_{30}$ | 0,3203 | $\beta_{35}$ | -0,0477 | $\beta_{41}$ | -0,0090 |
| $\beta_2$ | (omitido | $\beta_{83}$ | 0,8476 | $\beta_{13}$ | 0,1210 | $\beta_{19}$ | 0,0607 | $\beta_{24}$ | 0,3755 | $\beta_{30}$ | 0,4303 | $\beta_{35}$ | 0,1488 | $\beta_{41}$ | 0,0035 |
| $\beta_2$ | (omitido | $\beta_{84}$ | 0,1801 | $\beta_{13}$ | 0,0118 | $\beta_{19}$ | -0,1296 | $\beta_{24}$ | 0,2825 | $\beta_{30}$ | 0,0817 | $\beta_{35}$ | 0,1777 | $\beta_{41}$ | 0,0975 |
| $\beta_3$ | (omitido | $\beta_{85}$ | 0,0214 | $\beta_{14}$ | -0,3772 | $\beta_{19}$ | -0,1748 | $\beta_{25}$ | 0,2329 | $\beta_{30}$ | 0,4516 | $\beta_{36}$ | 0,0308 | $\beta_{41}$ | -0,4106 |
| $\beta_3$ | -0,1819 | $\beta_{86}$ | 0,1331 | $\beta_{14}$ | -0,1084 | $\beta_{19}$ | 0,1469 | $\beta_{25}$ | -0,0940 | $\beta_{30}$ | -0,3423 | $\beta_{36}$ | -0,3097 | $\beta_{41}$ | 0,1445 |
| $\beta_3$ | -0,0799 | $\beta_{87}$ | 0,0087 | $\beta_{14}$ | 0,2050 | $\beta_{19}$ | -0,0994 | $\beta_{25}$ | -0,4735 | $\beta_{30}$ | 0,0168 | $\beta_{36}$ | -0,1487 | $\beta_{41}$ | 1,2586 |
| $\beta_3$ | -0,1619 | $\beta_{88}$ | 0,0940 | $\beta_{14}$ | -0,0908 | $\beta_{19}$ | 0,4872 | $\beta_{25}$ | -0,3273 | $\beta_{30}$ | 0,0820 | $\beta_{36}$ | 0,1885 | $\beta_{41}$ | 0,0002 |
| $\beta_3$ | -0,2331 | $\beta_{89}$ | (omitido | $\beta_{14}$ | 0,1469 | $\beta_{19}$ | -0,0048 | $\beta_{25}$ | 0,1289 | $\beta_{30}$ | 0,0581 | $\beta_{36}$ | 0,1380 | $\beta_{41}$ | 0,2072 |
| $\beta_3$ | -0,0822 | $\beta_{90}$ | -0,0509 | $\beta_{14}$ | 0,0076 | $\beta_{20}$ | -0,0420 | $\beta_{25}$ | 0,1175 | $\beta_{31}$ | -0,0304 | $\beta_{36}$ | 0,1113 | $\beta_{42}$ | -0,0359 |
| $\beta_3$ | (omitido | $\beta_{91}$ | -0,1184 | $\beta_{14}$ | -0,0783 | $\beta_{20}$ | -0,1134 | $\beta_{25}$ | 0,4105 | $\beta_{31}$ | 0,7264 | $\beta_{36}$ | -0,0699 | $\beta_{42}$ | -0,2748 |
| $\beta_3$ | -0,1340 | $\beta_{92}$ | 0,2356 | $\beta_{14}$ | -0,2160 | $\beta_{20}$ | -0,0068 | $\beta_{25}$ | -0,1012 | $\beta_{31}$ | 0,3898 | $\beta_{36}$ | -0,1333 | $\beta_{42}$ | 0,4245 |
| $\beta_3$ | (omitido | $\beta_{93}$ | -0,0159 | $\beta_{14}$ | (omitido | $\beta_{20}$ | -0,0355 | $\beta_{25}$ | -0,2267 | $\beta_{31}$ | -0,2156 | $\beta_{36}$ | -0,0812 | $\beta_{42}$ | -0,1351 |
| $\beta_3$ | (omitido | $\beta_{94}$ | 0,3104 | $\beta_{14}$ | 0,1392 | $\beta_{20}$ | -0,1745 | $\beta_{25}$ | 0,1905 | $\beta_{31}$ | 0,0715 | $\beta_{36}$ | -0,2610 | $\beta_{42}$ | 0,1279 |
| $\beta_4$ | (omitido | $\beta_{95}$ | 0,0361 | $\beta_{15}$ | 0,6819 | $\beta_{20}$ | 0,0393 | $\beta_{26}$ | 0,1831 | $\beta_{31}$ | 0,0524 | $\beta_{37}$ | 0,0698 | $\beta_{42}$ | 0,0244 |
| $\beta_4$ | (omitido | $\beta_{96}$ | -0,1345 | $\beta_{15}$ | 0,0200 | $\beta_{20}$ | 0,5530 | $\beta_{26}$ | 0,2918 | $\beta_{31}$ | -0,0494 | $\beta_{37}$ | -0,2162 | $\beta_{42}$ | 0,0778 |
| $\beta_4$ | -0,1449 | $\beta_{97}$ | 0,1034 | $\beta_{15}$ | -0,4129 | $\beta_{20}$ | 0,7167 | $\beta_{26}$ | 0,1824 | $\beta_{31}$ | -0,0594 | $\beta_{37}$ | 0,1196 | $\beta_{42}$ | 0,1855 |
| $\beta_4$ | (omitido | $\beta_{98}$ | -0,1205 | $\beta_{15}$ | -0,1497 | $\beta_{20}$ | -0,6496 | $\beta_{26}$ | -0,4421 | $\beta_{31}$ | -0,0551 | $\beta_{37}$ | 0,1100 | $\beta_{42}$ | 0,3486 |
| $\beta_4$ | 0,2811 | $\beta_{99}$ | 0,5472 | $\beta_{15}$ | -0,2046 | $\beta_{20}$ | 0,2230 | $\beta_{26}$ | -0,0254 | $\beta_{31}$ | 0,5249 | $\beta_{37}$ | -0,0939 | $\beta_{42}$ | 0,0790 |
| $\beta_4$ | 0,2783 | $\beta_{10}$ | 0,2307 | $\beta_{15}$ | -0,2814 | $\beta_{21}$ | -0,1761 | $\beta_{26}$ | -0,0583 | $\beta_{32}$ | (omitido | $\beta_{37}$ | 0,0539 | $\beta_{43}$ | -0,0469 |
| $\beta_4$ | 0,4514 | $\beta_{10}$ | 0,1067 | $\beta_{15}$ | 0,1319 | $\beta_{21}$ | -0,1693 | $\beta_{26}$ | -0,2454 | $\beta_{32}$ | -0,3169 | $\beta_{37}$ | -0,0764 | $\beta_{43}$ | -0,0564 |
| $\beta_4$ | -0,3505 | $\beta_{10}$ | 0,8145 | $\beta_{15}$ | -0,1788 | $\beta_{21}$ | -0,1929 | $\beta_{26}$ | 0,1971 | $\beta_{32}$ | 0,2918 | $\beta_{37}$ | -0,0084 | $\beta_{43}$ | 0,3758 |
| $\beta_4$ | -0,2138 | $\beta_{10}$ | 0,3773 | $\beta_{15}$ | 0,1372 | $\beta_{21}$ | -0,0654 | $\beta_{26}$ | 0,0643 | $\beta_{32}$ | -0,0781 | $\beta_{37}$ | 0,2383 | $\beta_{43}$ | -0,3868 |
| $\beta_4$ | -1,2323 | $\beta_{10}$ | -0,1672 | $\beta_{15}$ | 0,1150 | $\beta_{21}$ | 0,5892 | $\beta_{26}$ | 0,3884 | $\beta_{32}$ | 0,1802 | $\beta_{37}$ | 0,2591 | $\beta_{43}$ | -0,1549 |
| $\beta_5$ | -0,9415 | $\beta_{10}$ | (omitido | $\beta_{16}$ | 0,1284 | $\beta_{21}$ | 0,6511 | $\beta_{27}$ | -0,0085 | $\beta_{32}$ | (omitido | $\beta_{38}$ | 0,5638 | $\beta_{43}$ | 0,0599 |
| $\beta_5$ | 0,0019 | $\beta_{10}$ | 0,6647 | $\beta_{16}$ | -0,5347 | $\beta_{21}$ | -0,0278 | $\beta_{27}$ | -0,7736 | $\beta_{32}$ | 0,0621 | $\beta_{38}$ | 0,0024 | $\beta_{43}$ | -0,1297 |
| $\beta_5$ | (omitido | $\beta_{10}$ | -0,1366 | $\beta_{16}$ | 0,7996 | $\beta_{21}$ | -0,1916 | $\beta_{27}$ | -0,0526 | $\beta_{32}$ | 0,0323 | $\beta_{38}$ | 0,0748 | $\beta_{43}$ | (omitido |
| $\beta_5$ | (omitido | $\beta_{10}$ | -0,2176 | $\beta_{16}$ | -0,1064 | $\beta_{21}$ | -0,7822 | $\beta_{27}$ | -0,2617 | $\beta_{32}$ | 0,3741 | $\beta_{38}$ | 0,3106 | $\beta_{43}$ | (omitido |
| $\beta_5$ | 0,0318 | $\beta_{10}$ | 0,0200 | $\beta_{16}$ | -0,1456 | $\beta_{21}$ | 0,2284 | $\beta_{27}$ | 0,0496 | $\beta_{32}$ | 0,0581 | $\beta_{38}$ | -0,0597 | | |

*(omitido) – Omitido por colinearidade

$$
\begin{aligned}
\mathbf{Y}\ (\textbf{Velocidade máxima média}) &= \boldsymbol{\beta_0} + \boldsymbol{\beta_1}(\textbf{monitoramento}) + \boldsymbol{\beta_2}(\textbf{peso médio transportado}) \\
&+ \boldsymbol{\beta_3}(\textbf{logaritmo da quilometragem}) + \boldsymbol{\beta_4}(\textbf{distância percorrida}) \\
&+ \boldsymbol{\beta_5}(\textbf{logaritmo da velocidade média}) + \boldsymbol{\beta_6}(\boldsymbol{dummy}\ \textbf{mês}) + \cdots \\
&+ \boldsymbol{\beta_{16}}(\boldsymbol{dummy}\ \textbf{mês}) + \boldsymbol{\beta_{17}}(\boldsymbol{dummy}\ \textbf{eixo}) + \cdots + \boldsymbol{\beta_{23}}(\boldsymbol{dummy}\ \textbf{eixo}) \\
&+ \boldsymbol{\beta_{24}}(\boldsymbol{dummy}\ \textbf{cabine}) + \cdots + \boldsymbol{\beta_{26}}(\boldsymbol{dummy}\ \textbf{cabine}) + \boldsymbol{\beta_{27}}(\boldsymbol{dummy}\ \textbf{motor}) + \cdots \\
&+ \boldsymbol{\beta_{43}}(\boldsymbol{dummy}\ \textbf{motor}) + \boldsymbol{\beta_{44}}(\boldsymbol{dummy}\ \textbf{aplicação}) + \cdots + \boldsymbol{\beta_{48}}(\boldsymbol{dummy}\ \textbf{aplicação}) \\
&+ \boldsymbol{\beta_{49}}(\boldsymbol{dummy}\ \textbf{classe}) + \boldsymbol{\beta_{50}}(\boldsymbol{dummy}\ \textbf{classe}) \\
&+ \boldsymbol{\beta_{51}}(\boldsymbol{dummy}\ \textbf{altura defletor teto}) + \cdots + \boldsymbol{\beta_{55}}(\boldsymbol{dummy}\ \textbf{altura defletor teto}) \\
&+ \boldsymbol{\beta_{56}}(\boldsymbol{dummy}\ \textbf{altura teto}) + \boldsymbol{\beta_{57}}(\boldsymbol{dummy}\ \textbf{altura teto}) \\
&+ \boldsymbol{\beta_{58}}(\boldsymbol{dummy}\ \textbf{comprimento defletor}) + \cdots \\
&+ \boldsymbol{\beta_{63}}(\boldsymbol{dummy}\ \textbf{comprimento defletor}) + \boldsymbol{\beta_{64}}(\textbf{dummy região}) + \cdots \\
&+ \boldsymbol{\beta_{67}}(\textbf{dummy região}) + \boldsymbol{\beta_{68}}(\boldsymbol{dummy}\ \textbf{configuração de roda}) + \cdots \\
&+ \boldsymbol{\beta_{76}}(\boldsymbol{dummy}\ \textbf{configuração de roda}) + \boldsymbol{\beta_{77}}(\textbf{dummy transportadora}) + \cdots \\
&+ \boldsymbol{\beta_{438}}(\textbf{dummy transportadora}
\end{aligned}
$$

## Onde:

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\beta_0$ | 89,2149 | $\beta_{55}$ | (omitido) | $\beta_{110}$ | -45,2570 | $\beta_{165}$ | -37,3339 | $\beta_{220}$ | -36,2847 | $\beta_{275}$ | -0,7407 | $\beta_{330}$ | -9,3549 | $\beta_{385}$ | -5,2524 |
| $\beta_1$ | -0,4948 | $\beta_{56}$ | -0,7695 | $\beta_{111}$ | -22,8060 | $\beta_{166}$ | -30,0762 | $\beta_{221}$ | -0,9481 | $\beta_{276}$ | 1,4100 | $\beta_{331}$ | -21,9703 | $\beta_{386}$ | -41,6287 |
| $\beta_2$ | 0,5468 | $\beta_{57}$ | -1,5157 | $\beta_{112}$ | -27,9912 | $\beta_{167}$ | 0,6360 | $\beta_{222}$ | 3,3918 | $\beta_{277}$ | -8,1420 | $\beta_{332}$ | -28,5228 | $\beta_{387}$ | -29,9762 |
| $\beta_3$ | 0,0318 | $\beta_{58}$ | 0,3744 | $\beta_{113}$ | -44,5745 | $\beta_{168}$ | -43,1083 | $\beta_{223}$ | -43,5855 | $\beta_{278}$ | -29,8053 | $\beta_{333}$ | -42,0452 | $\beta_{388}$ | -15,5170 |
| $\beta_4$ | 0,0001 | $\beta_{59}$ | -1,4157 | $\beta_{114}$ | 16,5895 | $\beta_{169}$ | -25,5120 | $\beta_{224}$ | -32,1517 | $\beta_{279}$ | 5,1177 | $\beta_{334}$ | -31,8904 | $\beta_{389}$ | -26,5737 |
| $\beta_5$ | 0,5049 | $\beta_{60}$ | (omitido) | $\beta_{115}$ | -15,6367 | $\beta_{170}$ | -35,6585 | $\beta_{225}$ | -24,9931 | $\beta_{280}$ | -29,5672 | $\beta_{335}$ | -29,6536 | $\beta_{390}$ | -30,3224 |
| $\beta_6$ | -0,1924 | $\beta_{61}$ | (omitido) | $\beta_{116}$ | -2,5788 | $\beta_{171}$ | -10,9864 | $\beta_{226}$ | (omitido) | $\beta_{281}$ | -36,7139 | $\beta_{336}$ | -16,5962 | $\beta_{391}$ | -17,9924 |
| $\beta_7$ | -0,1317 | $\beta_{62}$ | (omitido) | $\beta_{117}$ | -12,7553 | $\beta_{172}$ | -16,4309 | $\beta_{227}$ | 5,6131 | $\beta_{282}$ | -18,5689 | $\beta_{337}$ | -28,5230 | $\beta_{392}$ | -38,1783 |
| $\beta_8$ | -0,3933 | $\beta_{63}$ | (omitido) | $\beta_{118}$ | -35,1190 | $\beta_{173}$ | -19,3418 | $\beta_{228}$ | 0,5084 | $\beta_{283}$ | -19,2416 | $\beta_{338}$ | -43,8989 | $\beta_{393}$ | -20,3086 |
| $\beta_9$ | -0,7692 | $\beta_{64}$ | 1,6804 | $\beta_{119}$ | -26,2434 | $\beta_{174}$ | -6,2931 | $\beta_{229}$ | -19,4863 | $\beta_{284}$ | (omitido) | $\beta_{339}$ | -41,6403 | $\beta_{394}$ | -11,5352 |
| $\beta_{10}$ | -1,3679 | $\beta_{65}$ | -2,1957 | $\beta_{120}$ | 5,5132 | $\beta_{175}$ | 1,5900 | $\beta_{230}$ | -38,8916 | $\beta_{285}$ | (omitido) | $\beta_{340}$ | -25,6803 | $\beta_{395}$ | -19,3720 |
| $\beta_{11}$ | -1,0775 | $\beta_{66}$ | -0,9925 | $\beta_{121}$ | -12,3361 | $\beta_{176}$ | -41,0267 | $\beta_{231}$ | -25,8588 | $\beta_{286}$ | -21,7146 | $\beta_{341}$ | -37,8108 | $\beta_{396}$ | -18,9490 |
| $\beta_{12}$ | -1,1577 | $\beta_{67}$ | -0,7945 | $\beta_{122}$ | 2,4255 | $\beta_{177}$ | -30,7754 | $\beta_{232}$ | -35,2678 | $\beta_{287}$ | -17,3455 | $\beta_{342}$ | -36,4733 | $\beta_{397}$ | -24,3320 |
| $\beta_{13}$ | -1,2110 | $\beta_{68}$ | -1,0356 | $\beta_{123}$ | -10,9807 | $\beta_{178}$ | -35,1154 | $\beta_{233}$ | -6,3003 | $\beta_{288}$ | -5,7137 | $\beta_{343}$ | -14,3717 | $\beta_{398}$ | 2,4132 |
| $\beta_{14}$ | -1,2552 | $\beta_{69}$ | (omitido) | $\beta_{124}$ | (omitido) | $\beta_{179}$ | -34,1192 | $\beta_{234}$ | -32,5828 | $\beta_{289}$ | (omitido) | $\beta_{344}$ | -39,7217 | $\beta_{399}$ | 14,0752 |
| $\beta_{15}$ | -1,3715 | $\beta_{70}$ | 5,4545 | $\beta_{125}$ | -2,3528 | $\beta_{180}$ | -29,7488 | $\beta_{235}$ | -5,4951 | $\beta_{290}$ | -36,4266 | $\beta_{345}$ | (omitido) | $\beta_{400}$ | -31,9824 |
| $\beta_{16}$ | -1,3651 | $\beta_{71}$ | -1,1302 | $\beta_{126}$ | -33,7761 | $\beta_{181}$ | -24,6579 | $\beta_{236}$ | -2,9575 | $\beta_{291}$ | -28,7130 | $\beta_{346}$ | -40,5076 | $\beta_{401}$ | 0,9230 |
| $\beta_{17}$ | -0,8705 | $\beta_{72}$ | 0,4544 | $\beta_{127}$ | -9,7579 | $\beta_{182}$ | -28,9576 | $\beta_{237}$ | (omitido) | $\beta_{292}$ | -19,3044 | $\beta_{347}$ | -32,5253 | $\beta_{402}$ | -21,8088 |
| $\beta_{18}$ | -1,0752 | $\beta_{73}$ | 22,8103 | $\beta_{128}$ | -16,0593 | $\beta_{183}$ | -23,6910 | $\beta_{238}$ | 5,9191 | $\beta_{293}$ | -34,2862 | $\beta_{348}$ | -29,9375 | $\beta_{403}$ | (omitido) |
| $\beta_{19}$ | -16,3869 | $\beta_{74}$ | -4,0216 | $\beta_{129}$ | -2,5821 | $\beta_{184}$ | (omitido) | $\beta_{239}$ | -10,4839 | $\beta_{294}$ | -7,0804 | $\beta_{349}$ | -19,8639 | $\beta_{404}$ | -18,6748 |
| $\beta_{20}$ | -22,9540 | $\beta_{75}$ | (omitido) | $\beta_{130}$ | 7,4934 | $\beta_{185}$ | -1,9033 | $\beta_{240}$ | -24,7274 | $\beta_{295}$ | -37,5857 | $\beta_{350}$ | -37,0779 | $\beta_{405}$ | -18,0521 |
| $\beta_{21}$ | -15,9398 | $\beta_{76}$ | (omitido) | $\beta_{131}$ | -13,0265 | $\beta_{186}$ | -14,8169 | $\beta_{241}$ | -17,2665 | $\beta_{296}$ | -25,3690 | $\beta_{351}$ | -7,5645 | $\beta_{406}$ | -2,4554 |
| $\beta_{22}$ | -17,8610 | $\beta_{77}$ | 9,6950 | $\beta_{132}$ | -32,3372 | $\beta_{187}$ | -20,3656 | $\beta_{242}$ | (omitido) | $\beta_{297}$ | -26,3325 | $\beta_{352}$ | -42,3743 | $\beta_{407}$ | -8,9555 |
| $\beta_{23}$ | -18,7454 | $\beta_{78}$ | -20,0294 | $\beta_{133}$ | -22,4011 | $\beta_{188}$ | -31,7838 | $\beta_{243}$ | -8,1760 | $\beta_{298}$ | (omitido) | $\beta_{353}$ | -26,0753 | $\beta_{408}$ | -40,8383 |
| $\beta_{24}$ | -1,6288 | $\beta_{79}$ | -30,8040 | $\beta_{134}$ | -4,1152 | $\beta_{189}$ | -17,0945 | $\beta_{244}$ | -3,5513 | $\beta_{299}$ | -16,2053 | $\beta_{354}$ | -21,9485 | $\beta_{409}$ | -24,9563 |
| $\beta_{25}$ | 2,5842 | $\beta_{80}$ | -13,5213 | $\beta_{135}$ | -32,6591 | $\beta_{190}$ | -25,7702 | $\beta_{245}$ | -19,7869 | $\beta_{300}$ | -15,0686 | $\beta_{355}$ | 2,2183 | $\beta_{410}$ | -29,0318 |
| $\beta_{26}$ | (omitido) | $\beta_{81}$ | -39,4352 | $\beta_{136}$ | -43,6603 | $\beta_{191}$ | -43,8863 | $\beta_{246}$ | -29,4019 | $\beta_{301}$ | -16,7210 | $\beta_{356}$ | -17,5188 | $\beta_{411}$ | -26,8877 |
| $\beta_{27}$ | 8,9053 | $\beta_{82}$ | 2,3348 | $\beta_{137}$ | -23,8043 | $\beta_{192}$ | -46,1597 | $\beta_{247}$ | -32,3714 | $\beta_{302}$ | -33,8526 | $\beta_{357}$ | -41,9345 | $\beta_{412}$ | -4,6805 |
| $\beta_{28}$ | (omitido) | $\beta_{83}$ | -15,0736 | $\beta_{138}$ | -26,8207 | $\beta_{193}$ | -32,3809 | $\beta_{248}$ | -8,6147 | $\beta_{303}$ | -3,6294 | $\beta_{358}$ | 6,0028 | $\beta_{413}$ | -27,9652 |
| $\beta_{29}$ | (omitido) | $\beta_{84}$ | 3,4051 | $\beta_{139}$ | 2,3001 | $\beta_{194}$ | -26,6927 | $\beta_{249}$ | -11,9697 | $\beta_{304}$ | -8,9669 | $\beta_{359}$ | -7,7273 | $\beta_{414}$ | -33,1795 |
| $\beta_{30}$ | (omitido) | $\beta_{85}$ | -8,3933 | $\beta_{140}$ | 6,0702 | $\beta_{195}$ | -25,7223 | $\beta_{250}$ | -0,3744 | $\beta_{305}$ | -12,5552 | $\beta_{360}$ | -24,9085 | $\beta_{415}$ | -21,6302 |
| $\beta_{31}$ | -21,3422 | $\beta_{86}$ | -3,3737 | $\beta_{141}$ | -11,2550 | $\beta_{196}$ | -39,9369 | $\beta_{251}$ | -43,8709 | $\beta_{306}$ | -24,2644 | $\beta_{361}$ | -43,5416 | $\beta_{416}$ | -46,0859 |
| $\beta_{32}$ | 0,7080 | $\beta_{87}$ | -36,2119 | $\beta_{142}$ | 2,7827 | $\beta_{197}$ | -17,1936 | $\beta_{252}$ | -41,5511 | $\beta_{307}$ | 4,5461 | $\beta_{362}$ | -41,4727 | $\beta_{417}$ | -18,5426 |
| $\beta_{33}$ | 1,1123 | $\beta_{88}$ | 5,4209 | $\beta_{143}$ | -37,4961 | $\beta_{198}$ | -25,7819 | $\beta_{253}$ | -4,1556 | $\beta_{308}$ | -11,5592 | $\beta_{363}$ | -16,9744 | $\beta_{418}$ | -22,2171 |
| $\beta_{34}$ | 2,6322 | $\beta_{89}$ | (omitido) | $\beta_{144}$ | -2,1992 | $\beta_{199}$ | -25,0066 | $\beta_{254}$ | 3,3902 | $\beta_{309}$ | -17,1733 | $\beta_{364}$ | -2,5910 | $\beta_{419}$ | -2,6336 |
| $\beta_{35}$ | 6,3016 | $\beta_{90}$ | -47,8554 | $\beta_{145}$ | -37,8976 | $\beta_{200}$ | -35,9145 | $\beta_{255}$ | -35,8065 | $\beta_{310}$ | -0,8033 | $\beta_{365}$ | -32,0611 | $\beta_{420}$ | -16,0584 |
| $\beta_{36}$ | (omitido) | $\beta_{91}$ | -37,6082 | $\beta_{146}$ | -36,3161 | $\beta_{201}$ | -30,1227 | $\beta_{256}$ | -7,5227 | $\beta_{311}$ | 11,8022 | $\beta_{366}$ | -42,8585 | $\beta_{421}$ | -30,2294 |
| $\beta_{37}$ | -0,5058 | $\beta_{92}$ | 1,5653 | $\beta_{147}$ | -42,7003 | $\beta_{202}$ | -33,9209 | $\beta_{257}$ | -36,2166 | $\beta_{312}$ | -40,3556 | $\beta_{367}$ | -36,7695 | $\beta_{422}$ | -25,1232 |
| $\beta_{38}$ | (omitido) | $\beta_{93}$ | -35,8387 | $\beta_{148}$ | (omitido) | $\beta_{203}$ | -43,2734 | $\beta_{258}$ | -40,9320 | $\beta_{313}$ | -26,6904 | $\beta_{368}$ | -28,4892 | $\beta_{423}$ | -42,3731 |
| $\beta_{39}$ | (omitido) | $\beta_{94}$ | -2,4454 | $\beta_{149}$ | -34,0927 | $\beta_{204}$ | -33,2220 | $\beta_{259}$ | -15,3373 | $\beta_{314}$ | -43,9033 | $\beta_{369}$ | -44,7703 | $\beta_{424}$ | -26,6104 |
| $\beta_{40}$ | (omitido) | $\beta_{95}$ | -13,9333 | $\beta_{150}$ | 14,5926 | $\beta_{205}$ | -8,0704 | $\beta_{260}$ | -18,4227 | $\beta_{315}$ | -27,6549 | $\beta_{370}$ | -21,1739 | $\beta_{425}$ | -12,6041 |
| $\beta_{41}$ | (omitido) | $\beta_{96}$ | -0,3311 | $\beta_{151}$ | -12,5414 | $\beta_{206}$ | -4,9556 | $\beta_{261}$ | -39,9137 | $\beta_{316}$ | -32,9843 | $\beta_{371}$ | -37,9834 | $\beta_{426}$ | -32,3053 |
| $\beta_{42}$ | -3,6549 | $\beta_{97}$ | -32,9146 | $\beta_{152}$ | -41,2771 | $\beta_{207}$ | -29,2078 | $\beta_{262}$ | -12,0405 | $\beta_{317}$ | 0,9264 | $\beta_{372}$ | -22,8969 | $\beta_{427}$ | -4,6694 |
| $\beta_{43}$ | (omitido) | $\beta_{98}$ | -35,7491 | $\beta_{153}$ | -45,5888 | $\beta_{208}$ | -46,3151 | $\beta_{263}$ | -39,7386 | $\beta_{318}$ | -34,7149 | $\beta_{373}$ | -32,7227 | $\beta_{428}$ | 8,7264 |
| $\beta_{44}$ | -0,5076 | $\beta_{99}$ | 13,7248 | $\beta_{154}$ | -14,0388 | $\beta_{209}$ | -7,6525 | $\beta_{264}$ | -27,3491 | $\beta_{319}$ | -23,8796 | $\beta_{374}$ | -30,0916 | $\beta_{429}$ | -19,5067 |
| $\beta_{45}$ | -0,4279 | $\beta_{100}$ | -18,4213 | $\beta_{155}$ | -13,5721 | $\beta_{210}$ | -14,2660 | $\beta_{265}$ | -12,6204 | $\beta_{320}$ | (omitido) | $\beta_{375}$ | -22,3479 | $\beta_{430}$ | -15,9351 |
| $\beta_{46}$ | (omitido) | $\beta_{101}$ | -5,8862 | $\beta_{156}$ | -21,4674 | $\beta_{211}$ | -37,0332 | $\beta_{266}$ | -5,3211 | $\beta_{321}$ | -13,5045 | $\beta_{376}$ | -42,9185 | $\beta_{431}$ | -25,1068 |
| $\beta_{47}$ | -5,1764 | $\beta_{102}$ | 1,5051 | $\beta_{157}$ | -20,5647 | $\beta_{212}$ | -23,4436 | $\beta_{267}$ | -20,3466 | $\beta_{322}$ | -13,7653 | $\beta_{377}$ | -35,8952 | $\beta_{432}$ | -25,5942 |
| $\beta_{48}$ | -2,6285 | $\beta_{103}$ | 4,8903 | $\beta_{158}$ | 6,7685 | $\beta_{213}$ | -27,5157 | $\beta_{268}$ | -22,8010 | $\beta_{323}$ | -24,9717 | $\beta_{378}$ | -26,9533 | $\beta_{433}$ | -18,9123 |
| $\beta_{49}$ | -1,4645 | $\beta_{104}$ | -28,4243 | $\beta_{159}$ | -30,9514 | $\beta_{214}$ | -27,7376 | $\beta_{269}$ | -39,9854 | $\beta_{324}$ | -44,9582 | $\beta_{379}$ | -34,5757 | $\beta_{434}$ | -42,9849 |
| $\beta_{50}$ | 6,2369 | $\beta_{105}$ | (omitido) | $\beta_{160}$ | -12,9790 | $\beta_{215}$ | -22,9016 | $\beta_{270}$ | -1,7980 | $\beta_{325}$ | (omitido) | $\beta_{380}$ | -30,5255 | $\beta_{435}$ | -25,3978 |
| $\beta_{51}$ | 1,4913 | $\beta_{106}$ | -10,7960 | $\beta_{161}$ | -35,1626 | $\beta_{216}$ | 5,8124 | $\beta_{271}$ | -29,6269 | $\beta_{326}$ | -28,9545 | $\beta_{381}$ | -0,7417 | $\beta_{436}$ | -45,3732 |
| $\beta_{52}$ | (omitido) | $\beta_{107}$ | -29,9202 | $\beta_{162}$ | -17,5310 | $\beta_{217}$ | -28,8920 | $\beta_{272}$ | -21,9234 | $\beta_{327}$ | -12,3754 | $\beta_{382}$ | -2,1974 | $\beta_{437}$ | (omitido) |
| $\beta_{53}$ | (omitido) | $\beta_{108}$ | -32,7350 | $\beta_{163}$ | -13,7600 | $\beta_{218}$ | -16,2407 | $\beta_{273}$ | -40,3689 | $\beta_{328}$ | -30,2081 | $\beta_{383}$ | -34,1572 | $\beta_{438}$ | (omitido) |
| $\beta_{54}$ | 0,6998 | $\beta_{109}$ | -29,8098 | $\beta_{164}$ | -37,8514 | $\beta_{219}$ | -24,1377 | $\beta_{274}$ | -11,9873 | $\beta_{329}$ | -30,9612 | $\beta_{384}$ | -8,0458 | | |

*(omitido) – Omitido por colinearidade

**Modelo de efeitos fixos**

$$\begin{aligned}\mathbf{Y}\ (\mathbf{Desempenho}\ [\mathbf{km/l}]) &= \mathbf{6,1445} + \mathbf{0,0251}(\mathbf{monitoramento}) \\ &- \mathbf{1,2394}(\mathbf{logaritmo\ do\ peso\ médio\ transportado}) \\ &- \mathbf{0,0085}(\mathbf{logaritmo\ da\ quilometragem}) \\ &+ \mathbf{0,000006}(\mathbf{distância\ percorrida}) + \mathbf{0,0107}(\mathbf{velocidade\ média}) \\ &+ \mathbf{0,00802}(\boldsymbol{dummy}\ \mathbf{fev}) + \mathbf{0,0056}(\boldsymbol{dummy}\ \mathbf{mar}) \\ &+ \mathbf{0,0116}(\boldsymbol{dummy}\ \mathbf{abr}) + \mathbf{0,0070}(\boldsymbol{dummy}\ \mathbf{mai}) \\ &+ \mathbf{0,0079}(\boldsymbol{dummy}\ \mathbf{jun}) - \mathbf{0,0060}(\boldsymbol{dummy}\ \mathbf{jul}) \\ &- \mathbf{0,0072}(\boldsymbol{dummy}\ \mathbf{ago}) - \mathbf{0,0059}(\boldsymbol{dummy}\ \mathbf{set}) \\ &- \mathbf{0,0082}(\boldsymbol{dummy}\ \mathbf{out}) - \mathbf{0,0084}(\boldsymbol{dummy}\ \mathbf{nov}) \\ &- \mathbf{0,0126}(\boldsymbol{dummy}\ \mathbf{dez})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\mathbf{Y}\ (\mathbf{Nota\ de\ condução}) &= \mathbf{0,6959} + \mathbf{0,0146}(\mathbf{monitoramento}) \\ &- \mathbf{0,0077}(\mathbf{logaritmo\ do\ peso\ médio\ transportado}) \\ &+ \mathbf{0,0013}(\mathbf{logaritmo\ da\ quilometragem}) \\ &+ \mathbf{0,00000054}(\mathbf{distância\ percorrida}) - \mathbf{0,0014}(\mathbf{velocidade\ média}) \\ &- \mathbf{0,00150}(\boldsymbol{dummy}\ \mathbf{fev}) - \mathbf{0,0018}(\boldsymbol{dummy}\ \mathbf{mar}) \\ &- \mathbf{0,0034}(\boldsymbol{dummy}\ \mathbf{abr}) - \mathbf{0,00062}(\boldsymbol{dummy}\ \mathbf{mai}) \\ &+ \mathbf{0,0020}(\boldsymbol{dummy}\ \mathbf{jun}) + \mathbf{0,0013}(\boldsymbol{dummy}\ \mathbf{jul}) \\ &+ \mathbf{0,0046}(\boldsymbol{dummy}\ \mathbf{ago}) + \mathbf{0,0047}(\boldsymbol{dummy}\ \mathbf{set}) \\ &+ \mathbf{0,0037}(\boldsymbol{dummy}\ \mathbf{out}) + \mathbf{0,0039}(\boldsymbol{dummy}\ \mathbf{nov}) \\ &+ \mathbf{0,0126}(\boldsymbol{dummy}\ \mathbf{dez})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\mathbf{Y}\ (\mathbf{Frenagens\ bruscas}) &= \mathbf{2,6976} - \mathbf{0,0328}(\mathbf{monitoramento}) \\ &- \mathbf{0,6591}(\mathbf{logaritmo\ do\ peso\ médio\ transportado}) \\ &+ \mathbf{0,0194}(\mathbf{logaritmo\ da\ quilometragem}) \\ &- \mathbf{0,0000035}(\mathbf{distância\ percorrida}) - \mathbf{0,0043}(\mathbf{velocidade\ média}) \\ &- \mathbf{0,0038}(\boldsymbol{dummy}\ \mathbf{fev}) + \mathbf{0,0286}(\boldsymbol{dummy}\ \mathbf{mar}) \\ &+ \mathbf{0,0464}(\boldsymbol{dummy}\ \mathbf{abr}) + \mathbf{0,0268}(\boldsymbol{dummy}\ \mathbf{mai}) \\ &+ \mathbf{0,0171}(\boldsymbol{dummy}\ \mathbf{jun}) + \mathbf{0,0143}(\boldsymbol{dummy}\ \mathbf{jul}) \\ &- \mathbf{0,0046}(\boldsymbol{dummy}\ \mathbf{ago}) - \mathbf{0,0208}(\boldsymbol{dummy}\ \mathbf{set}) \\ &- \mathbf{0,0225}(\boldsymbol{dummy}\ \mathbf{out}) - \mathbf{0,0299}(\boldsymbol{dummy}\ \mathbf{nov}) \\ &- \mathbf{0,0241}(\boldsymbol{dummy}\ \mathbf{dez})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\mathbf{Y}\ (\textbf{Velocidade máxima média}) &= \mathbf{68,1168 - 0,3464(monitoramento)}\\ &\mathbf{+ 0,9217(logaritmo\ do\ peso\ médio\ transportado)}\\ &\mathbf{+ 0,2140(logaritmo\ da\ quilometragem)}\\ &\mathbf{+\ 0,000076(distância\ percorrida) +\ 0,4849(velocidade\ média)}\\ &\mathbf{- 0,2143(}\boldsymbol{dummy}\ \mathbf{fev) -\ 0,1590(}\boldsymbol{dummy}\ \mathbf{mar)}\\ &\mathbf{- 0,4352(}\boldsymbol{dummy}\ \mathbf{abr) -\ 0,8327(}\boldsymbol{dummy}\ \mathbf{mai)}\\ &\mathbf{-\ 1,4483(}\boldsymbol{dummy}\ \mathbf{jun) - 1,1817(}\boldsymbol{dummy}\ \mathbf{jul)}\\ &\mathbf{- 1,2651(}\boldsymbol{dummy}\ \mathbf{ago) - 1,3344(}\boldsymbol{dummy}\ \mathbf{set)}\\ &\mathbf{- 1,3880(}\boldsymbol{dummy}\ \mathbf{out) - 1,5185(}\boldsymbol{dummy}\ \mathbf{nov)}\\ &\mathbf{- 1,5325(}\boldsymbol{dummy}\ \mathbf{dez)}\end{aligned}$$

**Modelo de diferenças em diferenças**

$$\begin{aligned}\mathbf{Y}\ (\textbf{Desempenho}) &= \mathbf{2,2859 +\ 0,1865(}\boldsymbol{dummy}\ \mathbf{tratamento)}\\ &\mathbf{- 0,0244(}\boldsymbol{dummy}\ \mathbf{instante\ )}\\ &\mathbf{+\ 0,1548(}\boldsymbol{dummy}\ \mathbf{instante * tratamento)} + \in\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\mathbf{Y}\ (\textbf{Nota de condução}) &= \mathbf{0,6063 - 0,0558(}\boldsymbol{dummy}\ \mathbf{tratamento)}\\ &\mathbf{- 0,0005(}\boldsymbol{dummy}\ \mathbf{instante\ )}\\ &\mathbf{- 0,0490(}\boldsymbol{dummy}\ \mathbf{instante * tratamento)} + \in\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\mathbf{Y}\ (\textbf{Frenagens Bruscas}) &= \mathbf{0,475 - 0,0367(}\boldsymbol{dummy}\ \mathbf{tratamento)}\\ &\mathbf{- 0,0336(}\boldsymbol{dummy}\ \mathbf{instante\ )}\\ &\mathbf{- 0,0337(}\boldsymbol{dummy}\ \mathbf{instante * tratamento)} + \in\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\mathbf{Y}\ (\textbf{Velocidade máxima média}) &= \mathbf{102,4426 - 13,8612(}\boldsymbol{dummy}\ \mathbf{tratamento)}\\ &\mathbf{- 1,9967(}\boldsymbol{dummy}\ \mathbf{instante\ )}\\ &\mathbf{- 0,0368(}\boldsymbol{dummy}\ \mathbf{instante * tratamento)} + \in\end{aligned}$$