

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

KERLYCIENNE FERNANDES DOS SANTOS

**TELEMETRIA: ANÁLISES SOBRE POTENCIALIDADES E DESAFIOS NA
REGIÃO CENTRAL DO BRASIL**

VIÇOSA - MINAS GERAIS

2023

KERLYCIENNE FERNANDES DOS SANTOS

**TELEMETRIA: ANÁLISES SOBRE POTENCIALIDADES E DESAFIOS NA
REGIÃO CENTRAL DO BRASIL**

Relatório final, apresentado a Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências para a obtenção do título de Engenheira Agrícola e Ambiental.

Orientador: André Luiz de Freitas Coelho
Coorientador: Charles Cardoso Santana

VIÇOSA - MINAS GERAIS

2023

KERLYCIENNE FERNANDES DOS SANTOS

**TELEMETRIA: ANÁLISES SOBRE POTENCIALIDADES E DESAFIOS NA
REGIÃO CENTRAL DO BRASIL**

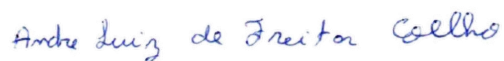
Relatório final, apresentado a Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências, para obtenção do título de Engenheira Agrícola e Ambiental.

APROVADO: 30 de junho de 2023.

Assentimento:



Kerlycienne Fernandes dos Santos
Autora



André Luiz de Freitas Coelho
Orientador

“Sai-te da tua terra, da tua parentela e da casa de teu pai, para a terra que eu te mostrarei. E far-te-ei uma grande nação, e abençoar-te-ei e engrandecerei o teu nome; e tu serás uma bênção.”

(Gênesis 12:1,2)

AGRADECIMENTOS

A Deus por ser minha força e refúgio em todos os momentos.

Aos meus pais, Tânia Cristina e Gilberto Flausino, por todo apoio, incentivo e amor.

Aos meus orientadores André Luiz e Charles Santana, por toda paciência, dedicação e atenção, para que este trabalho fosse concluído.

A Universidade e a todos os professores por todos os ensinamentos.

Aos amigos e colegas de curso pelo convívio e parceria durante todos esses anos.

A cidade de Viçosa que me recebeu com muitas oportunidades de crescimento profissional e pessoal.

RESUMO

SANTOS, Kerlycienne Fernandes dos, Universidade Federal de Viçosa, junho de 2023. **Telemetria: análises sobre potencialidades e desafios na região central do Brasil.** Orientador: André Luiz de Freitas Coelho. Coorientador: Charles Cardoso Santana.

A produção agrícola está em constante evolução, seja no manejo do solo e das plantas, no desenvolvimento de novas cultivares ou variedades ou nas máquinas e implementos utilizados nas operações. Tal evolução é necessária para aumentar a quantidade e a qualidade dos alimentos demandados e aumentar a eficiência do sistema produtivo para produzir mais e melhor usando menor quantidade de insumos. Em relação às máquinas agrícolas, a eficiência do sistema produtivo relaciona-se com a carga horária de uso das máquinas, tempo de ociosidade, consumo de combustível, velocidade de operação, patinação, entre outros. Nesse contexto, torna-se necessário o uso de ferramentas computacionais para a gestão da frota de máquinas agrícolas. Atualmente, a telemetria é uma tecnologia que permite essa gestão em tempo real e remota, permitindo ao agricultor a antecipação das tomadas de decisão, levando a correção imediata ou prevenção. Assim, objetivou-se com esse trabalho analisar os potenciais usos da telemetria para a gestão de máquinas na região central do Brasil e os desafios relacionados à tal tecnologia. Dados de telemetria de tratores de rodas 4x2 TDA (tração dianteira auxiliar) e 4 x 4, pulverizadores autopropelidos e colhedoras autopropelidas de grãos e cana-de-açúcar no período 01/01/2022 a 31/12/2022, de um mesmo fabricante, de três concessionários da região central do Brasil foram descarregados da plataforma de telemetria do próprio fabricante. Um programa de computador em linguagem Python foi desenvolvido para ler e processar os dados de cada máquina obtendo os parâmetros: carga horária anual de telemetria, carga horária anual de funcionamento do motor, carga horária anual de máquina em deslocamento e razão entre carga horária de máquinas em deslocamento e motor em funcionamento. A análise dos parâmetros foi realizada agrupando os dados conforme o tipo de máquina e o concessionário. Obteve-se que apenas 53 % das máquinas cadastradas nos três concessionários estavam com o sistema de telemetria ativado e geraram dados no ano de 2022. Isso mostrou que, apesar de ser uma ferramenta fundamental para aumentar a eficiência do sistema produtivo agrícola, ela ainda não é amplamente utilizada na região central do Brasil. Entre as máquinas com telemetria ativada, observou-se que 90 % das máquinas tiveram carga horária de funcionamento de motor menor que 260 horas no ano de 2022. Em média, quando as máquinas estavam com o motor em funcionamento, em 75 % do tempo elas estavam se deslocando. A deficiência na infraestrutura de telecomunicações nas regiões agrícolas no centro

do Brasil pode estar impedindo o envio de informações pelo sistema de para as plataformas de gestão. Assim, podem ocorrer limitações para o monitoramento remotamente em tempo real das operações para tomadas de decisão antecipadas.

Palavras-chave: gestão de máquinas agrícolas; conectividade; agricultura digital; mecanização agrícola.

ABSTRACT

SANTOS, Kerlycienne Fernandes dos, Universidade Federal de Viçosa, June, 2023. **Telemetry: analysis of potentialities and challenges in the central region of Brazil.** Adviser: André Luiz de Freitas Coelho. Coadviser: Charles Cardoso Santana

Agricultural production is constantly evolving, whether in soil and plant management, in the development of new cultivars or varieties or in the machines and implements used in operations. Such an evolution is necessary to increase the quantity and quality of food demanded and increase the efficiency of the production system to produce more and better using less quantity of inputs. Regarding agricultural machinery, the efficiency of the production system is related to the hourly load of use of the machines, idle time, fuel consumption, operating speed, slippage, among others. In this context, it is necessary to use computational tools to manage the fleet of agricultural machines. Currently, telemetry is a technology that allows real-time and remote management, which allows the farmer to make instantaneous decisions, leading to immediate correction or prevention. Thus, the objective of this work was to analyze the potential uses of telemetry for the management of machines in the central region of Brazil and the challenges related to such technology. Telemetry data from 4x2 TDA wheel tractors (auxiliary front wheel drive) and 4x4, self-propelled sprayers and self-propelled grain and sugarcane harvesters from 01/01/2022 to 12/31/2022, from the same manufacturer, from three dealerships in the central region of Brazil were downloaded from the manufacturer's own telemetry platform. A computer program in Python language was developed to read and process the data of each machine, obtaining the parameters: annual workload of telemetry, annual workload of engine operation, annual workload of machine in displacement and ratio between workload of machines shifting and engine running. The analysis of the parameters was carried out by grouping the data according to the type of machine and the dealer. It was found that only 53% of the machines registered at the three dealerships had the telemetry system activated and generated data in the year 2022. This showed that, despite being a fundamental tool to increase the efficiency of the agricultural production system, it still does not is widely used in central Brazil. Among the machines with activated telemetry, it was observed that 90% of the machines had engine operating hours of less than 260 hours in the year 2022. On average, when the machines had the engine running, 75% of the time they were moving. The deficiency in the telecommunications infrastructure in the agricultural regions in central Brazil may be preventing the sending of information through the system to the management platforms. Thus,

there may be limitations for remotely monitoring operations in real time for early decision-making.

Keywords: agricultural machinery management; connectivity; digital agriculture; agricultural mechanization.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 MATERIAL E MÉTODOS	12
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	15
3.1 Análise descritiva do conjunto de dados.....	15
3.2 Análise da carga horária de funcionamento do motor em função do tipo de máquina e concessionária.....	21
3.3 Análise da razão entre carga horária de deslocamento e tempo de funcionamento do motor em função do tipo de máquina e concessionária	24
4 CONCLUSÃO.....	30
REFERÊNCIAS.....	31

1 INTRODUÇÃO

Diante da grande demanda por alimentos causada pelo crescimento da população mundial, a produção agrícola está em constante evolução. Essa evolução está relacionada ao manejo do solo e das plantas, ao uso de máquinas e implementos agrícolas, ao desenvolvimento de novos cultivares e variedades. O objetivo de tal evolução está sendo aumentar a quantidade e melhorar a qualidade dos alimentos, garantindo a segurança alimentar, além de garantir a sustentabilidade de toda a cadeia produtiva por meio da redução do uso de insumos (NOGUEIRA *et al.*, 2021). Nesse processo, a adoção de ferramentas computacionais é de fundamental importância (BELOCCHIO *et al.*, 2020).

O Brasil se tornou uma das maiores potências produtoras de alimento, se destacando como maior exportador de soja em 2021, com o marco de 91 milhões de toneladas de soja exportada e atendendo a demanda por alimentos, tanto no mercado interno quanto no externo (EMBRAPA, 2022). Segundo MARTHA JÚNIOR (2020), o país apresenta vantagens em relação aos outros países, uma vez que, possui os aspectos fundamentais para o sucesso no processo produtivo, como, a extensão territorial (áreas agricultáveis), disponibilidade de água, clima favorável, e políticas de incentivo à produção agrícola, que o levam a posição de destaque na agricultura mundial. A evolução agrícola vem demandando maior adoção da mecanização agrícola, devido ao aumento de produção, das áreas cultivadas e da produtividade, além do maior número de safras no decorrer do ano.

No processo de produção agrícola, o trator e outras máquinas autopropelidas têm fundamental importância, já que é usado em todas as operações agrícolas desde o preparo do solo até a colheita. O trator agrícola é responsável pela tração e acionamento de máquinas e implementos, e a depender da sua potência e nível tecnológico pode representar um dos maiores investimentos da fazenda (BELOCCHIO *et al.*, 2020). Por conta da necessidade de aumentar a eficiência das operações agrícolas, associado às constantes inovações tecnológicas, a substituição de máquinas agrícolas, inclusive o trator, para a modernização da frota de máquinas faz parte do planejamento dos agricultores. Estima-se que a vida útil de um trator varia de 8 a 9 anos segundo as regras do custo do ciclo de vida (LIPS, 2017). No cenário das grandes culturas, grãos, algodão e cana-de-açúcar, há necessidade de tratores com maior potência, porém com inovações tecnológicas que possibilite o aumento da produtividade e a redução dos custos de produção, além de contribuir, com a redução da compactação do solo e emissão de dióxido de carbono (EMAMI *et al.*, 2018).

Em uma pesquisa realizada na Suíça, Lips (2017) relatou que, em média, a carga horária anual de utilização de um trator agrícola é 313 horas; caracterizado como grau de utilização baixo. Dado que a vida útil estimada para tratores agrícolas é de 10.000 horas, o trator seria capaz de operar durante 32 anos. Visto a necessidade das máquinas agrícolas terem maior carga horária de funcionamento anual para que seja economicamente viável a sua aquisição e substituição antes da sua obsolescência tecnológica, é fundamental a utilização de ferramentas de gestão da frota de máquinas agrícolas.

Com o crescimento das frotas agrícolas, principalmente das médias e grandes fazendas agrícolas, e o aumento eficiência das operações agrícolas surgiu-se a necessidade de recursos/ferramentas computacionais avançadas, e não mais simples cadernetas com anotações manuais ou planilhas eletrônicas. Tais ferramentas computacionais possibilitam uma gestão mais adequada da frota e de suas operações/atividades realizadas, de modo a permitir que o agricultor faça um diagnóstico completo das operações de campo e detectar prejuízos financeiros de máquinas ociosas (máquinas de trabalham pouco ao longo do ano). É possível ainda, detectar e quantificar o tráfego ineficiente das máquinas, a exemplo de manobras de cabeceira, e os reabastecimentos das máquinas em local não estratégico, gerando redução na eficiência das operações seja por aumento do tempo demandado e consumo de maior quantidade de combustível (SICHONAY et al., 2012).

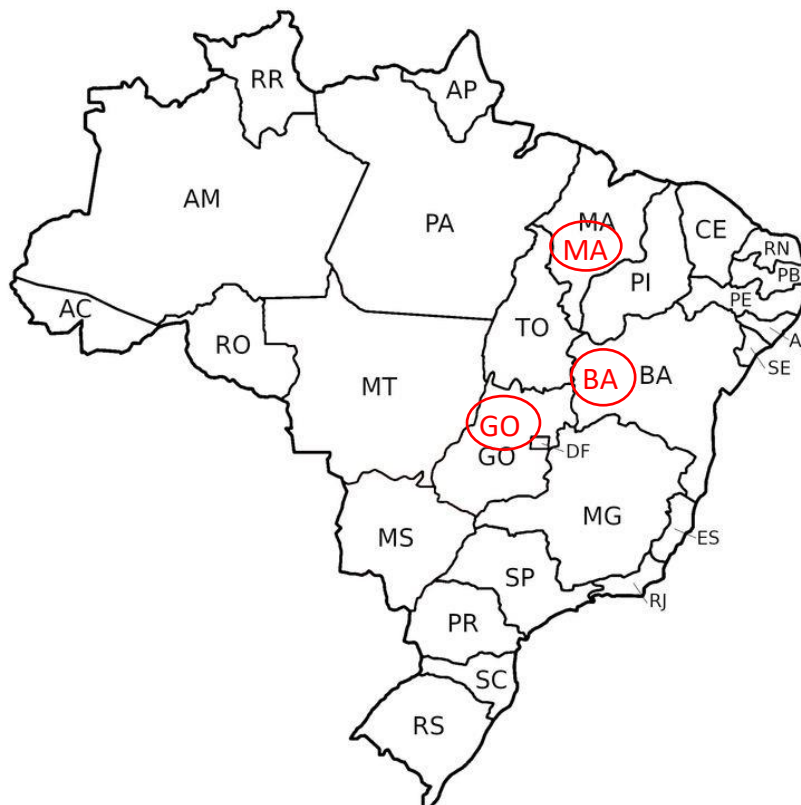
Uma vez que as máquinas agrícolas utilizam Sistemas Globais de Navegação por Satélite (GNSS) e tecnologias de comunicação via Internet, torna-se possível o monitoramento remoto e em tempo real da localização da máquina no campo e diversas variáveis que permitem avaliar o seu funcionamento (SICHONAY et al., 2012). A telemetria é a ferramenta digital responsável pela transferência dos dados coletados de uma ou mais máquinas por meio de uma conexão, como *wifi*, internet via telefonia celular, rede *mesh* usando sinais de radiocomunicação ou outros.

Ao se utilizar a telemetria e plataformas digitais para a visualização dos dados é possível acompanhar o consumo de combustível da máquina, velocidade das operações, rotação de trabalho, patinagem e outras informações. Caso sejam detectadas anomalias, tomadas de decisão antecipadas garantem a racionalização do uso de insumos, reduzindo custos de produção, garantindo a sustentabilidade e aumentando a lucratividade das fazendas (COELHO, OLIVEIRA e NETTO, 2022). A fim de explorar as potenciais aplicações da tecnologia de telemetria em máquinas agrícolas, objetivou-se nesse trabalho avaliar as potencialidades de uso da telemetria para a gestão de máquinas da região central do Brasil e analisar os desafios para a difusão dessa tecnologia.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido utilizando-se dados gerados pelo sistema de telemetria de máquinas agrícolas de um fabricante, em operação em fazendas da região central do Brasil. As máquinas em estudo, cadastradas no sistema de telemetria do próprio fabricante, estão associadas às concessionárias MA, BA e GO, localizadas nos estados do Maranhão, Bahia e Goiás, respectivamente (Figura 1). Na pesquisa, foram analisados dados de máquinas agrícolas autopropelidas, ou seja, máquinas com motores de combustão interna, incluindo pulverizadores, colhedoras de grãos e de cana-de-açúcar e tratores agrícolas de pneus 4x2 com tração dianteira auxiliar (TDA) e 4x4. Todas as máquinas continham o módulo de sistema de telemetria instalado na fábrica.

Figura 1 - Localização das concessionárias MA, BA e GO, situada nos estados da região central do Brasil, onde estavam cadastradas as máquinas agrícolas analisadas



Fonte: Autora.

O sistema de telemetria responsável pela geração dos dados, que estavam embarcados nas máquinas agrícolas, podia apresentar duas versões de módulo para envio dos dados. Uma

versão possuía memória interna de 64GB e processador *Quad Core* de 1,5Ghz. A transmissão dos dados gerados pela máquina para o servidor do sistema de telemetria foi realizada utilizando serviço de *Internet* disponibilizado pelas operadoras de celular, utilizando as tecnologias 2G, 3G ou 4G. Já a segunda, com mesma configuração da primeira, transmitiu os dados utilizando a tecnologia de comunicação *wifi*, nas frequências de 2,4 e 5 GHz com protocolos de segurança WPA2 e WPA aberto.

O módulo do sistema de telemetria transmitiu dados medidos por diversos sensores instalados nos subsistemas da máquina agrícola. Além de utilizados na telemetria, esses dados também foram utilizados pelas unidades eletrônicas de controle (UEC) da máquina para garantir o funcionamento adequado de todos os componentes e funcionalidades. A transmissão de dados entre sensores, UEC, atuadores e módulo de telemetria no interior das máquinas agrícolas ocorreram utilizando chicotes elétricos (conjunto de cabos elétricos) que transmitiam sinais digitais adotando o protocolo de comunicação digital *Controller Network Area* (CAN) e o padrão ISOBUS (norma ISO 11783). Em caso de ausência de conexão com o servidor, por ausência de sinal de telefonia celular ou *wifi*, os módulos tinham a capacidade de armazenar internamente os dados e enviá-los quando a conexão for restabelecida.

Uma vez que o módulo de telemetria transmitiu os dados para o servidor de armazenamento, esses dados estavam disponíveis para acesso remoto e em tempo real para o agricultor, concessionários e o fabricante por meio da plataforma digital. Os dados disponíveis incluíam variáveis relacionadas ao motor (rotação, temperatura de óleo, pressão de óleo, consumo de combustível, carga do motor, entre outros), variáveis relacionadas à caixa de transmissão (marcha, velocidade de operação, patinagem, entre outros), variáveis relacionadas à localização da máquina (obtida por receptor GNSS da própria máquina), dentre outras informações. Para as colhedoras de grãos tinham-se, ainda, variáveis relacionadas aos mecanismos de corte, trilha, separação e limpeza. A plataforma podia ser utilizada, ainda, para armazenamento, visualização e análise de dados de interesse agrônômicos, como mapas de produtividade gerados pelas colhedoras, planejamento de operações como mapas de trajetória para o sistema de piloto automático e geração de mapas de recomendação para aplicação de insumos à taxa variável.

No presente trabalho, em vez de utilizar os mapas, tabelas, gráficos e indicadores, gerados pela plataforma, os dados transmitidos pelas máquinas e armazenados no servidor foram descarregados para computador pessoal, utilizando a própria plataforma. O descarregamento ocorreu na sala de controle das concessionárias MA, BA e GO, onde as máquinas agrícolas estavam cadastradas. No processo de descarregamento dos dados, foram

gerados arquivos no formato CSV, sendo que o seu nome correspondia ao número do chassi da máquina acompanhado do intervalo de tempo selecionado no momento do descarregamento. O conteúdo do arquivo estava organizado em linhas e colunas. As colunas continham informações do chassi da máquina, data e hora de geração do dado, tipo de variável, valor da variável, unidade da variável e a localização geográfica (latitude e longitude) da máquina no respectivo instante de tempo. Cada linha continha dados de um tipo de variável no respectivo instante de tempo, sendo que o sistema de telemetria enviou dados de todas as variáveis a cada 1 minuto. O sistema de telemetria enviou dados sempre que o sistema elétrico e eletrônico da máquina agrícola estava ligado, independente do motor estar em funcionamento ou não. Foram descarregados e analisados dados do período 01 de janeiro de 2022 a 31 de dezembro de 2022.

Um programa de computador em linguagem *Python* foi desenvolvido para ler todos os arquivos descarregados, um a um, e interpretar as informações contidas em cada linha e coluna. Especificamente, as variáveis interpretadas no presente trabalho foram, o número do chassi, data e hora de registro das informações, velocidade angular (rotação) do motor e velocidade de deslocamento da máquina. Utilizando a sequência alfanumérica do número do chassi da máquina foi possível determinar qual o tipo da máquina agrícola. A partir do número de linhas de dados de uma determinada variável foi possível determinar a carga horária anual de funcionamento do sistema de telemetria (CHT). A partir da informação de rotação do motor foi possível determinar a carga horária anual de funcionamento do motor (CHM). Utilizando a informação de velocidade de deslocamento foi possível determinar a carga horária anual do trator em deslocamento (CHD), independente se a máquina estava em operação, em manobras ou em deslocamento até o talhão. Para avaliar o percentual de ociosidade da máquina, ou seja, a porcentagem de tempo que a máquina ficava parada e com motor ligado, calculou-se a razão entre CHD e CHM.

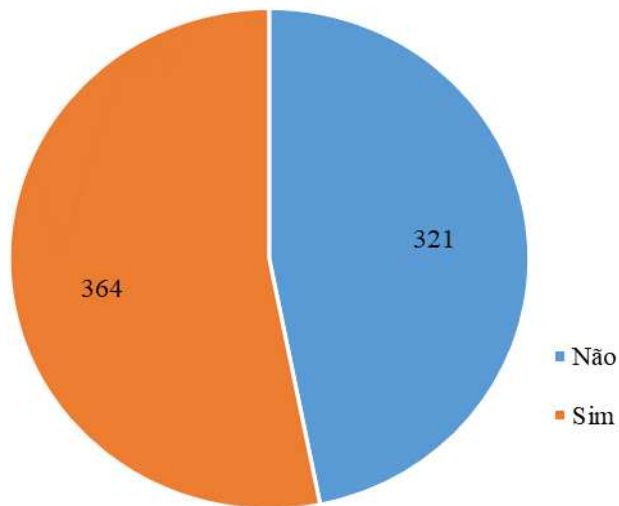
Inicialmente, foi realizada uma análise descritiva do conjunto de dados de telemetria das máquinas. Especificamente, analisou-se o número de máquinas cadastradas com e sem dados de telemetria, número de máquinas conforme tipo e número de máquinas conforme o concessionário. Para os dados de CHT e CHM contabilizou-se a quantidade de máquinas conforme a faixa de carga horária. Para a razão entre CHD e CHM contabilizou-se a quantidade de máquinas conforme a faixa de razão. Na contabilização, máquinas foram agrupadas conforme seu tipo (colhedora de grãos, colhedora de cana-de-açúcar, pulverizador autopropelido, trator 4x2 TDA e trator 4x4), ou conforme o concessionário (MA, BA e GO).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análise descritiva do conjunto de dados

Para o período analisado, de 01/01/2022 a 31/12/2022, foram obtidos dados de telemetria de 685 máquinas cadastradas nas três concessionárias analisadas (Figura 2). Desse total, apenas 53% (364) das máquinas com o módulo de telemetria disponível foi ativado, e conseqüentemente enviou alguma informação para a plataforma durante o ano de 2022. Assim, 47 % (321) das máquinas equipadas com o módulo não registrou ou transmitiu informações durante esse período analisado.

Figura 2 - Quantitativo de máquinas agrícolas da região central do Brasil cadastradas na plataforma com presença (Sim) ou ausência (Não) de dados de telemetria disponíveis no período de 01 de janeiro a 31 de dezembro de 2022



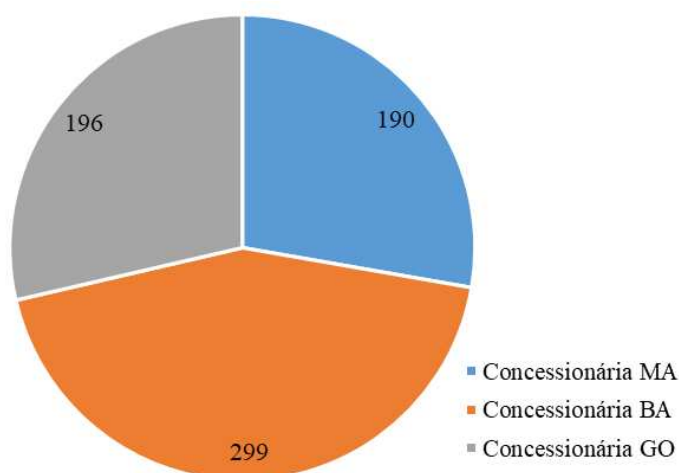
Fonte: Autora.

Torna-se importante investigar as possíveis razões que ocasionaram o não envio de dados, pois a falha no envio de informações impede a utilização das plataformas de gestão de máquinas para o acompanhamento remoto e em tempo real das operações. Dentre as possíveis razões, supõe-se a não ativação do módulo por parte dos agricultores/fazendeiros, pela falta de conhecimento da importância desse sistema para a gestão, e a falha de conexão entre os módulos nas máquinas e a plataforma devido à infraestrutura ineficiente de telecomunicações nas regiões rurais do Brasil. Ainda, supõe-se que possa estar ocorrendo incompatibilidade de *software* entre o módulo de telemetria e as UEC' do trator ou entre o módulo de telemetria e o monitor de configuração (computador de bordo) das máquinas. Caso essa incompatibilidade ocorra o

módulo de telemetria não consegue obter as informações geradas pelos sensores da máquina, e consequentemente, não há envio de informações.

A mecanização agrícola tem um papel fundamental no setor agrícola do Brasil, e cada região do país possui características específicas em relação aos equipamentos utilizados. Nesta pesquisa, foi explorada as características das máquinas nos estados do Maranhão, Bahia e Goiás, destacando suas particularidades e importância para o desenvolvimento agrícola nestas regiões. O quantitativo de máquinas cadastradas na plataforma de acordo com cada concessionária é apresentado na Figura 3. Observa-se que a maioria delas estão na concessionária BA com 299 (43,6%), em seguida na concessionária GO com 196 (28,6%), e por último, a concessionária MA com 190 (27,7%) máquinas.

Figura 3 - Número de máquinas agrícolas cadastradas na plataforma por concessionária no período de 01 de janeiro a 31 de dezembro de 2022



Fonte: Autora.

O estado do Maranhão possui uma agricultura diversificada, com destaque para a produção de grãos, como soja, milho e arroz, além de culturas como algodão e mandioca. Devido à predominância de grandes áreas de plantio, é comum encontrar no estado o uso de máquinas agrícolas de grande porte, como tratores de alta potência (4 x 4), colhedoras e pulverizadores. Esses equipamentos são essenciais para atender às demandas de produção e otimizar o trabalho nos extensos campos agrícolas do estado. Grande parte das máquinas analisadas neste estudo estão no estado da Bahia, justamente por ser uma região com predominância de fazendas de grandes extensões de áreas cultiváveis, que demanda de um maior quantitativo de máquinas, principalmente de grande porte. Nessa fronteira agrícola, o investimento na aquisição de máquina de grande porte se dá pelo seu uso, principalmente, para

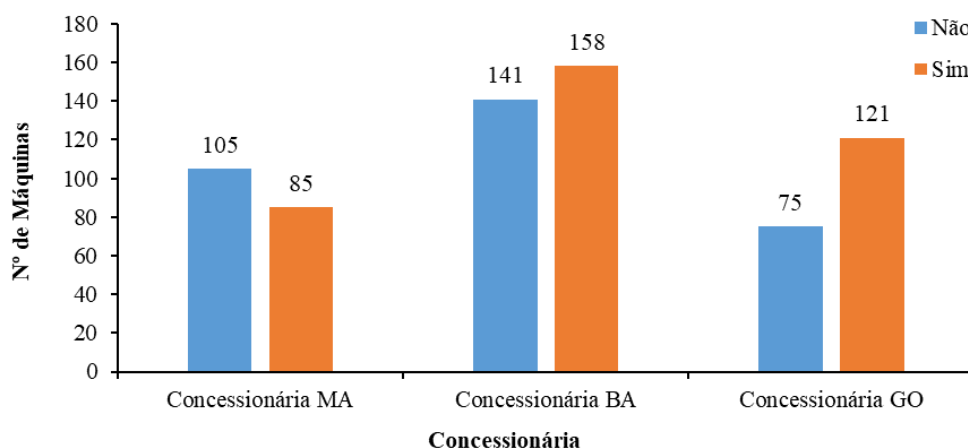
tração de semeadoras maior número de linhas, agilizando o processo de plantio, com predominância para as culturas como soja, milho, algodão e feijão.

Já na região do Goiás, fronteira conhecida por sua produção agropecuária, há também, uma predominância de culturas como soja, milho e feijão, e em alguns pontos do estado, cana-de-açúcar. Essa fronteira agrícola, em comparação com as demais analisadas neste estudo, apresenta propriedades com menores extensões de áreas agricultáveis, característica que influencia diretamente no tipo e porte das máquinas agrícolas adquiridas pelos produtores. Além disso, a frota de máquinas agrícolas em Goiás tem maior destaque em máquinas de colheita, justamente por ser uma região com uma janela de cultivo pequena entre safras, e ainda por não possuir a cultura/hábito de terceirizar o trabalho, ou seja, é uma região em que os produtores investem com uma maior predominância no processo de aquisição de máquinas agrícolas.

Assim, em cada região, o número de máquinas associadas a cada concessionária está relacionado com as particularidades do sistema produtivo. Neste contexto, regiões com uma maior predominância de aquisição de máquinas pelos agricultores tendem a apresentar maior quantitativo de máquinas cadastradas na plataforma. Isso ocorre porque, a partir de 2019, máquinas agrícolas de maior porte possuem módulo de telemetria embarcado como item de série, o que contribuiu, por exemplo, para um maior número de máquinas cadastradas na concessionária da Bahia (Figura 3). Dentre as máquinas de grande porte que contribuíram para esse comportamento, tem-se o trator de rodas 4 x 4 e o trator 4 x 2 TDA.

Apesar da região baiana (concessionária BA) ter apresentado um maior quantitativo de máquinas cadastradas na plataforma, a região de Goiás (concessionária GO) teve uma quantidade de máquinas com dados de telemetria disponíveis na plataforma (Figura 4). Nesta concessionária, das 196 máquinas cadastradas, 62% (121) delas enviaram dados de telemetria. Já na concessionária BA, das 299 máquinas cadastradas, apenas 53% apresentaram dados na plataforma. Na concessionária MA, o comportamento foi o inverso, quando comparado com as concessionárias 2 e 3, visto que, menos de 50% de um total de 190 máquinas enviaram dados para a plataforma. Esse comportamento, pode estar associado a uma assistência técnica eficiente das máquinas pelas concessionárias. Cabe ressaltar que as características de cada fronteira agrícola impactam diretamente no processo de assistência técnica das máquinas pela concessionária, uma vez que regiões com o comportamento de ter propriedades com grandes áreas, terão um menor número de propriedades assistidas em caso de assistência/manutenção in loco em cada ida a campo.

Figura 4 - Número de máquinas agrícolas cadastradas na plataforma por concessionária com presença (Sim) e ausência (Não) de dados de telemetria no período de 01 de janeiro a 31 de dezembro de 2022

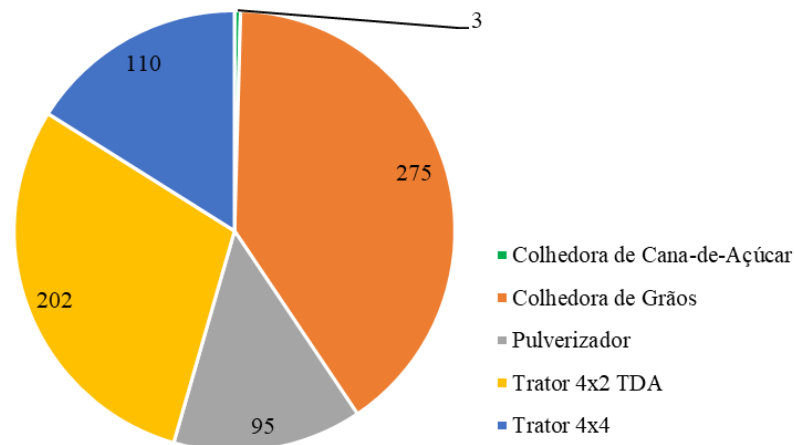


Fonte: Autora.

Do total de máquinas cadastradas no sistema, foi possível verificar, que 0,4% (3) são colhedoras de cana-de-açúcar; 40,1% (275) são colhedoras de grãos; 13,9% (95) de pulverizadores; 29,5% (202) de tratores 4 x 2 TDA; e 16,1% (110) de tratores 4 x 4, conforme Figura 5. Pode-se observar que a maior representação se dá na quantidade de colhedora de grãos por se tratar de regiões como Goiás que geralmente não se adota terceirização da operação de colheita, associado a uma curta janela de colheita e plantio safrinha.

A quantidade de tratores 4 x 2 TDA, segunda categoria com maior número de máquinas grande parte das operações exigem tratores para atividades auxiliares como a tração de carretas graneleiras responsável por transportar o grão do tanque graneleiro das colhedoras de grãos para os caminhões, localizados nas cabeceiras do talhão. A adoção dessas carretas graneleiras permitem maior agilidade da colheita possibilitando que as colhedoras não parem de colher devido ao enchimento do tanque graneleiro. A existência da aplicação de defensivos agrícolas por veículos aéreos, de aviões e VANT (veículos aéreos não tripulados), associada à grande capacidade operacional dos pulverizadores autopropelidos pode explicar a existência de menor quantidade desse tipo de máquina no parque de máquinas das fazendas e conseqüentemente menor número de máquinas cadastradas na concessionária

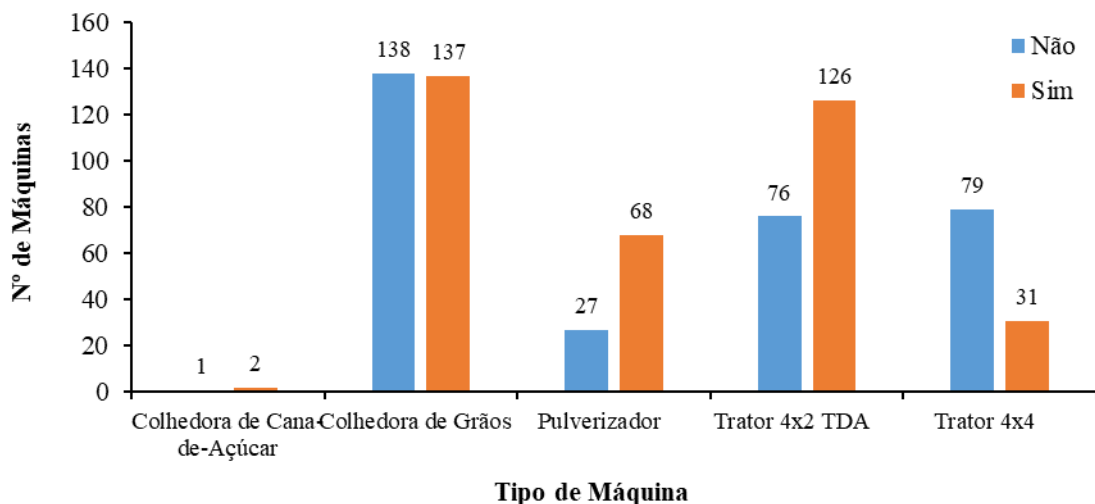
Figura 5 - Quantitativo de máquinas em função do seu tipo cadastradas na plataforma no período de 01 de janeiro a 31 de dezembro de 2022



Fonte: Autora.

O quantitativo de categorias de máquinas do sistema de telemetria ativo e que enviaram informações no ano de 2022 é apresentado na Figura 6. Observa-se que pulverizadores teve o maior percentual de máquinas que enviaram dados para a plataforma, em que de um total de 95 cadastrados, 71,57% (68) deles esteve ativo. Em segundo, tem-se colhedoras de cana-de-açúcar com 66,7% (2) de um total de 3 máquinas. Na sequência, tem-se a os tratores 4 x 2 TDA, com 62,37% (126) de um total de 202 máquinas. E por último, as colhedoras de grãos com 49,81% (137) e o trator 4 x 4 com 28,18% (190), de um total de 275 e 110 máquinas cadastradas, respectivamente.

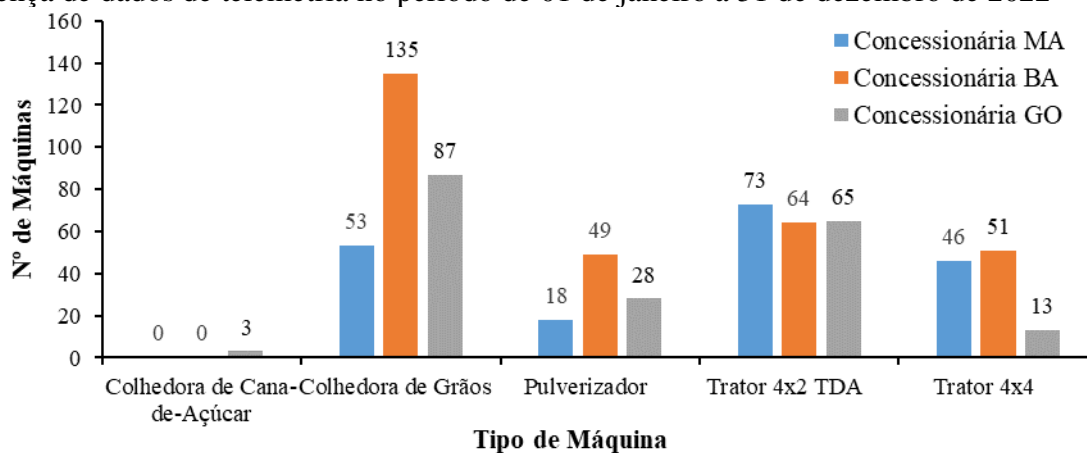
Figura 6 - Quantitativo de máquinas em função do seu tipo com presença (Sim) e ausência (Não) de dados de telemetria no período de 01 de janeiro a 31 de dezembro de 2022



Fonte: Autora.

Na Figura 7 é apresentado o percentual de máquinas conectadas por tipo e concessionárias. Nota-se que de 275 das colhedoras de grãos ativas nas 3 regiões, a concessionária 2 detém de 50% desse número, seguido dos pulverizadores e trator 4 x 4 com 51,57% e 46,36% respectivamente.

Figura 7 - Número de máquinas agrícolas em função do seu tipo e por concessionária, com presença de dados de telemetria no período de 01 de janeiro a 31 de dezembro de 2022



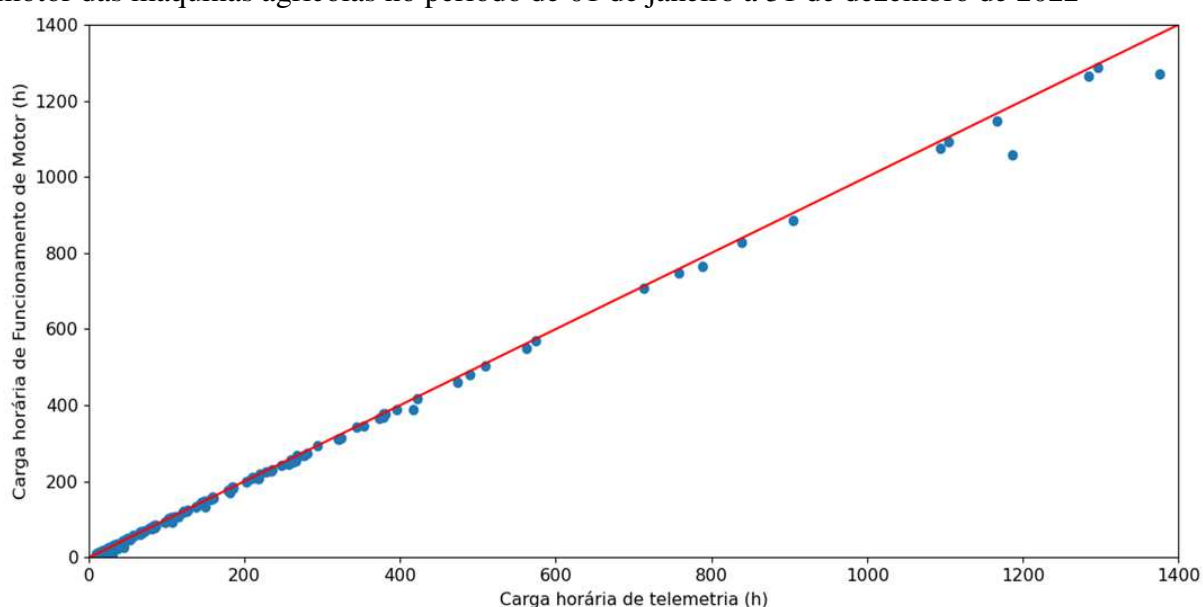
Fonte: Autora.

O maior número de máquinas conectadas no estado da Bahia pode ser justificado por se tratar de um estado cuja demanda por máquinas de grande porte é maior, sendo que a partir de 2021 tais máquinas do fabricante foram comercializadas com o módulo de telemetria ativado como item de série. Assim ocorreu maior número de máquinas com dados de telemetria na Bahia. Outro ponto importante foi a presença de dados de telemetria ativo nas colhedoras de cana de açúcar, pois mesmo sendo um número baixo comparado com o restante das máquinas, representa cerca de 100% de ativação de telemetria. a região do Goiás possui número significativo de usinas de cana que permite uma abertura maior de máquinas para esse tipo de cultura. O estado do Maranhão apresenta o menor número de máquinas conectadas. Isso pode ser devido à região possuir maior deficiência na infraestrutura de telecomunicação e, também, pela instalação recente sala de controle do sistema de telemetria que detém o monitoramento de todas as máquinas cadastradas.

3.2 Análise da carga horária de funcionamento do motor em função do tipo de máquina e concessionária

Para as máquinas com o sistema de telemetria em operação no ano de 2022 observou-se uma relação entre a carga horária anual de telemetria (CHT) e carga horária anual de funcionamento do motor (CHM) próximo de 1: 1 (Figura 8). Isso significa que quando o módulo de telemetria enviou informações, sempre o motor estava em funcionamento.

Figura 8 - Relação entre a carga horária da telemetria e a carga horária de funcionamento do motor das máquinas agrícolas no período de 01 de janeiro a 31 de dezembro de 2022

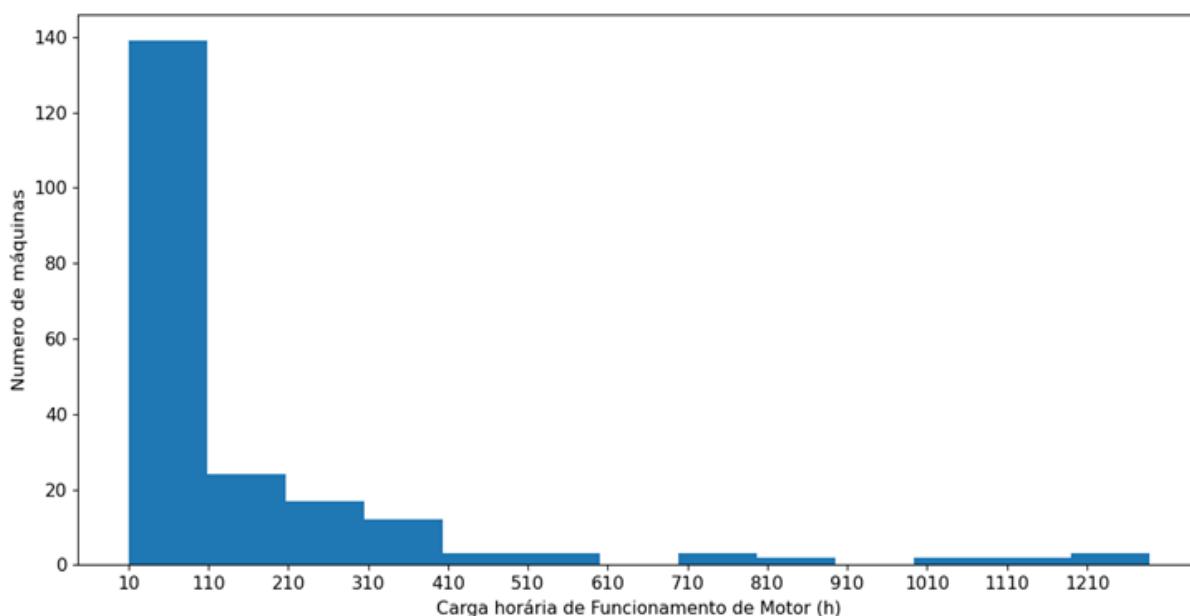


Fonte: Autora.

Das 364 máquinas que estavam com o sistema de telemetria ativado em 2022, aproximadamente 140 (38 %) tiveram CHM entre 10 e 110 horas (Figura 9). Isso significa que o sistema de telemetria está informando que os motores dessas máquinas funcionaram menos de 1,2 % do tempo em 2022 (8760 h). Para este comportamento, suspeita-se que as máquinas tiveram CHM maior, porém, por falhas no módulo de telemetria, não houve o envio de informações para a plataforma. Como houve envio de algumas informações ao longo do 2022, das três razões que impedem o envio de informações para a plataforma (não ativação do serviço pelo agricultor, deficiência na infraestrutura de telecomunicações nas regiões rurais do Brasil e incompatibilidade do módulo de telemetria com os componentes das máquinas), supõe que esteja ocorrendo a segunda. Caso a máquina tenha versão do módulo de telemetria que utiliza tecnologia 2G, 3G ou 4G é necessário que a fazenda tenha cobertura de telefonia celular, que não é realidade em muitas fazendas brasileiras. Para a versão que utiliza tecnologia *wifi*

informações podem ser enviadas caso a máquina esteja em local com cobertura de *Wifi*. Visto que, normalmente, a rede de sem fio da fazenda normalmente está apenas no Escritório, também há problemas de conectividade. A segunda abordagem, é que as máquinas da região central estão sendo pouco demandadas ao longo do ano, justificando tal carga horária de funcionamento.

Figura 9 - Histograma do número de máquinas em função da carga horária de funcionamento do motor das máquinas no período de 01 de janeiro a 31 de dezembro de 2022

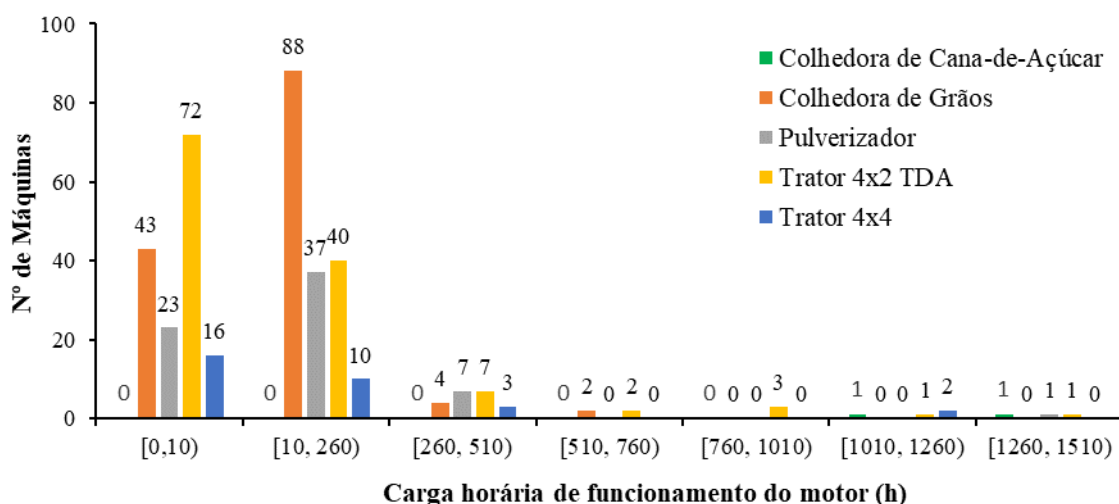


Fonte: Autora.

Cerca de 180 máquinas (50%) trabalham entre 10 e 310 horas, valor médio da carga horária anual de funcionamento das máquinas na Suíça, segundo Lips (2017). Considerando a realidade da agricultura Brasileira, com grandes fazendas, e o custo de aquisição das máquinas de grande porte, pode-se afirmar que é inviável economicamente máquinas trabalharem essa carga horária ao longo do ano. Caso isso esteja ocorrendo, pode-se afirmar que existem falhas de gestão da frota e dimensionamento da frota.

Ao considerar as máquinas com CHM entre 0 e 10 horas no ano de 2022, observa-se que 42% das 364 máquinas funcionaram entre 0 e 10 horas e 48% entre 10 e 260 horas (Figura 10). Isso significa que trabalharam menos de 3% do tempo em um ano (8760 horas/ano). Tal comportamento foi observado para quatro tipos de máquinas (colhedora de grãos, pulverizador, trator 4x2 TDA e trator 4x4). As duas colhedoras de cana-de-açúcar, localizadas em GO, tiveram CHM superior a 1000 horas. Considerando que a colheita dessa cultura se estende por vários meses do ano tal comportamento é aceitável.

Figura 10 - Tempo de funcionamento do motor de acordo com cada tipo de máquina no período de 01 de janeiro a 31 de dezembro de 2022



Fonte: Autora.

Para a máquina pulverizador autopropelido CHM de até 510 horas pode ser considerada aceitável, visto à sua capacidade operacional de aproximadamente 30 ha/h devido à velocidade de trabalho (cerca de 20-25 km/h) e largura de trabalho (20-30 metros) e ao fato da aplicação de defensivos ser realizada em curtas janelas em caso de infestação de pragas e doenças. Já para colhedoras de grãos e tratores 4x2 TDA e 4 x 4, esperava-se maior número de máquinas com CHM superiores a 1000 horas, superior à carga horária de 310 apresentada por Lips (2017) para a agricultura sueca. Considerando as operações de semeadura e colheita, que podem durar 2 meses, que as máquinas nesses períodos chegam a funcionar 20 horas por dia, e que fazendas da região central do Brasil têm adotado duas safras por ano, tal carga horária é possível.

Nas operações de semeadura tem-se usado tratores de alta potência, 4 x 4, para tração de semeadoras com grande número de linhas. Já na colheita são usadas as colhedoras de grãos. Em ambas as operações e na pulverização, tratores de médio porte, 4x2 TDA, são utilizados em atividades auxiliares como transporte de insumos, na semeadura e pulverização, e no tracionamento de carretas graneleiras durante a colheita. Assim, reforça-se a suposição de que a CHM obtidas pela análise dos dados de telemetria é inferior aos valores reais, devido a falhas de envio de dados pelo sistema de telemetria de parte das máquinas em análise.

O comportamento de CHM reduzido é observado nas três concessionárias em estudo (Figura 11). Assim, caso esteja ocorrendo, os problemas de infraestrutura de comunicação abrangem os três estados da região central do Brasil (MA, GO e BA). Visto ser uma região com atividade economicamente agrícola necessita-se de investimentos públicos e privados para

melhorias da infraestrutura de telecomunicações nesta região do Brasil para a utilização eficiente da tecnologia de telemetria disponibilizada pelos fabricantes. Assim, será possível o monitoramento remoto e em tempo real das operações agrícolas para aumento de eficiência do sistema produtivo.

Figura 11 - Tempo de funcionamento do motor das máquinas agrícolas de acordo com cada concessionária no período de 01 de janeiro a 31 de dezembro de 2022

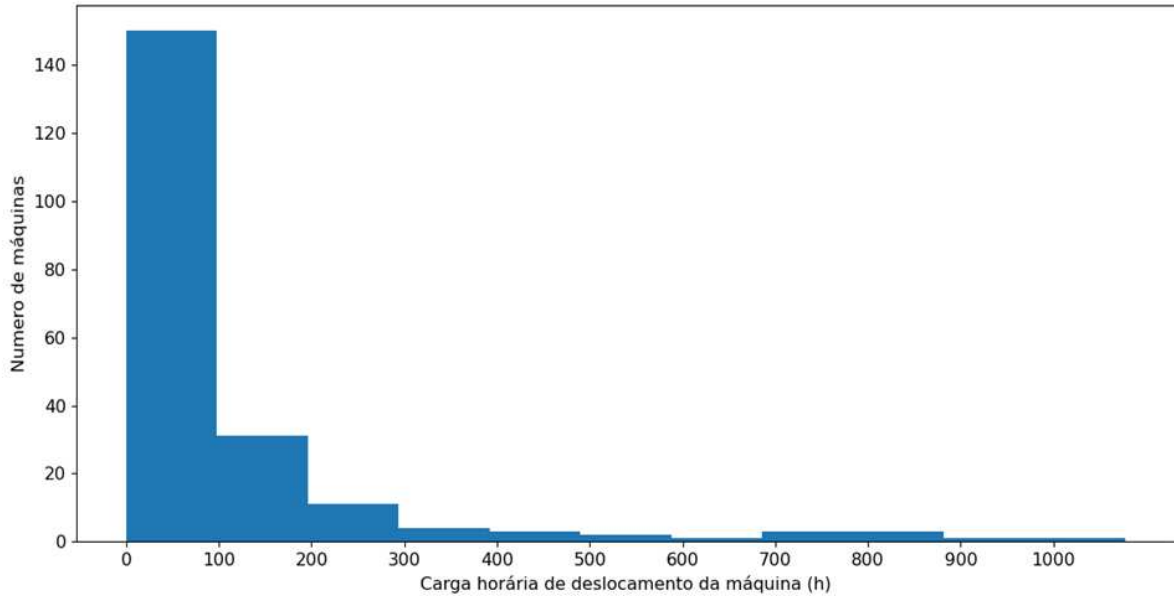


Fonte: Autora.

3.3 Análise da razão entre carga horária de deslocamento e tempo de funcionamento do motor em função do tipo de máquina e concessionária

O número de máquinas em função da carga horária de deslocamento (CHD) das máquinas é apresentado, em forma de histograma, na Figura 12. Observou-se um comportamento semelhante à CHM apresentado na Figura 8, em que uma porcentagem expressiva das máquinas teve menos de 100 horas CHD, para máquinas que funcionaram o motor por pelo menos 10 horas no período analisado. Apesar da similaridade, observou-se um maior quantitativo de máquinas CHD para a faixa de 0 a 200 horas, e um menor quantitativo para as faixas de cargas horárias superiores às 200 horas. Esse comportamento evidencia que a maioria das máquinas ficaram um tempo considerável com o motor ligado, porém sem deslocamento.

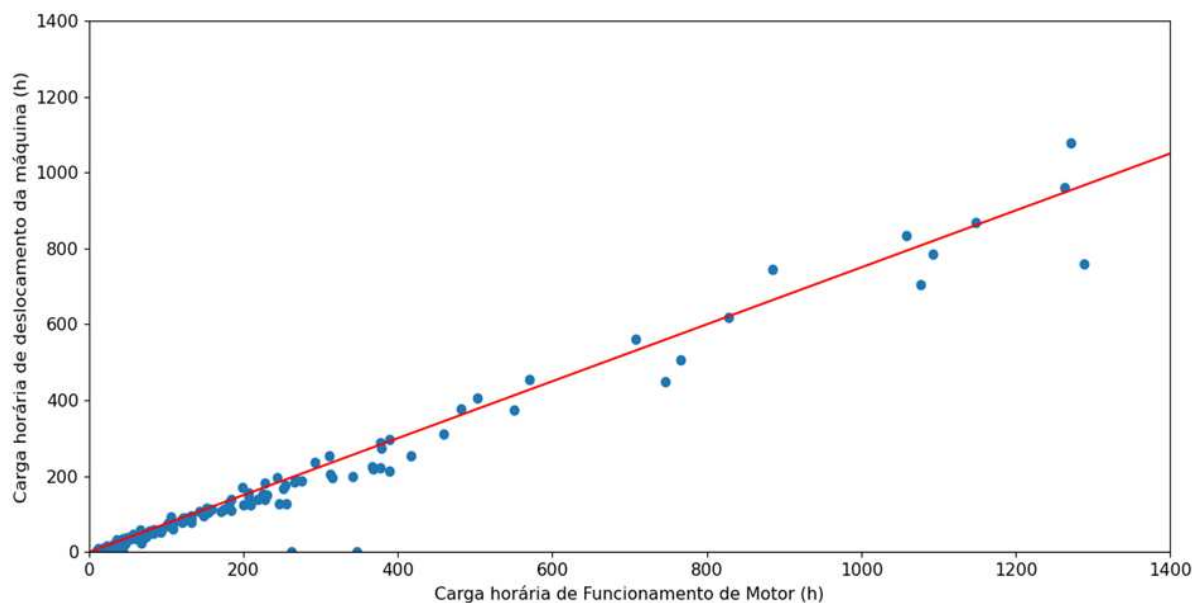
Figura 12 - Histograma do número de máquinas em função da carga horária de deslocamento das máquinas no período de 01 de janeiro a 31 de dezembro de 2022



Fonte: Autora.

Visando uma melhor compreensão acerca do comportamento encontrado ao comparar o histograma da Figura 9 com o histograma da Figura 12, gerou-se um gráfico de dispersão entre os dados de CHD com a CHM (Figura 13). No gráfico observou-se correlação entre cargas horárias, e revelou comportamento em que, aproximadamente, 75% do tempo em que os motores estão ligados às máquinas estão efetivamente em movimento/deslocamento, ou seja, uma relação de 0,75:1 entre tempo de deslocamento e tempo de funcionamento do motor das máquinas. Assim, pode-se inferir que em, aproximadamente, 25% do tempo em que os motores estão ligados, as máquinas estão paradas. Isso pode indicar momentos em que as máquinas, aguardam instruções, configurações ou calibrações, pausam as atividades temporariamente ou estão envolvidas em operações que demandam de deslocamento das máquinas, a exemplo do carregamento de insumos e o descarregamento dos produtos colhidos.

Figura 13 - Relação entre a carga horária de deslocamento e a carga horária de funcionamento do motor das máquinas agrícolas no período de 01 de janeiro a 31 de dezembro de 2022



Fonte: Autora.

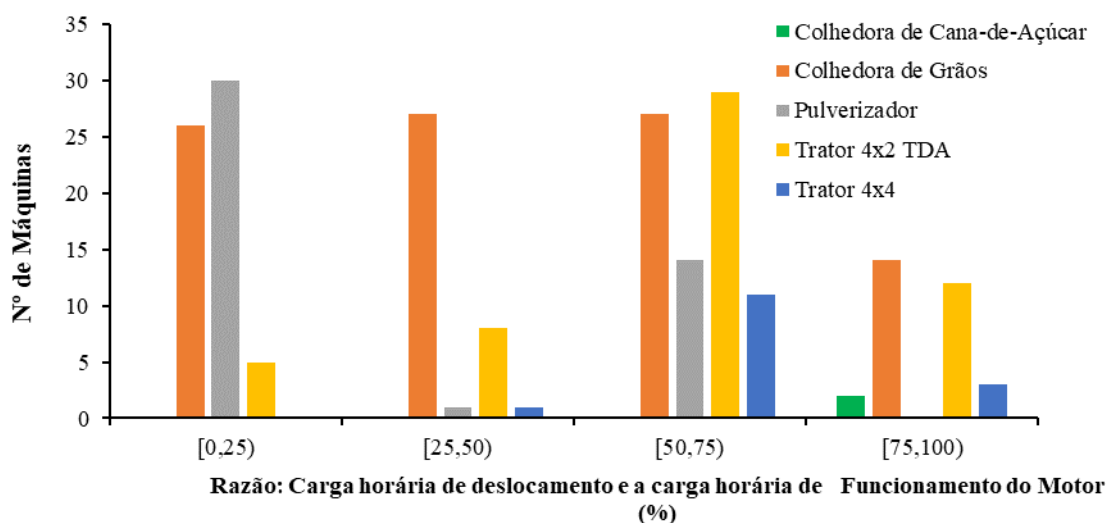
Essa razão entre CHD e CHM pode fornecer informações importantes sobre a eficiência operacional das máquinas agrícolas. É possível que sejam identificadas oportunidades de otimização, como por exemplo, a redução do tempo ocioso das máquinas, principalmente durante os períodos de paradas, por meio de um melhor gerenciamento das tarefas e/ou planejamento mais eficiente das operações. Essas informações podem também, influenciar nas tomadas de decisões relacionadas ao dimensionamento da frota de máquinas e alocação de recursos, de modo a equilibrar a CHM e o deslocamento efetivo das máquinas. No contexto da agricultura brasileira, onde a maioria das fazendas tem grandes extensões de áreas agricultáveis, e o gerenciamento de todo o processo produtivo é complexo, a compreensão detalhada da CHM e sua relação com o funcionamento do motor pode contribuir significativamente para um gerenciamento mais eficaz da frota de máquinas agrícolas das fazendas.

Cada tipo de máquina agrícola tem características e finalidades distintas, o que impacta diretamente em padrão de funcionamento, e conseqüentemente na sua eficiência operacional em campo. Deste modo, é de suma importância a análise da razão entre a CHD e CHM das máquinas, levando em consideração cada tipo de máquina. Essa análise possibilitará identificar as particularidades específicas de cada tipo de máquina e entender como elas podem ser utilizadas em campo de modo a otimizar a eficiência da operação.

A razão entre CHD e CHM em função do seu tipo é apresentada na Figura 14. Para as colhedoras de cana-de-açúcar, observou-se uma razão entre 75 e 100% para todas as máquinas,

ou seja, uma eficiência operacional igual ou superior a 75%. Esse resultado mostra que as colhedoras de cana-de-açúcar foi o único tipo de máquina que teve 100% das máquinas dessa classe com razão na faixa de 75 a 100%, quando comparada com os demais tipos de máquinas analisadas no estudo.

Figura 14 - Razão entre a carga horária de deslocamento e a carga horária de funcionamento do motor das máquinas em função do seu tipo no período de 01 de janeiro a 31 de dezembro de 2022



Fonte: Autora.

Para as colhedoras de cana-de-açúcar, observou-se uma razão entre CHD e CHM entre 75 e 100% para todas as máquinas, ou seja, uma eficiência operacional igual ou superior a 75%. Esse resultado mostra que as colhedoras de cana-de-açúcar foi o único tipo de máquina que teve 100% das máquinas dessa classe com razão entre CHD e CHM na faixa de 75 a 100%, quando comparada com os demais tipos de máquinas analisadas no estudo. Esses resultados estão em conformidade com valores de referência para a eficiência de campo dessas máquinas (ASABE, 2020). Os resultados demonstraram que as colhedoras de cana-de-açúcar tiveram um bom desempenho no período analisado.

No caso das colhedoras de grãos apenas 43,6% (41) máquinas tiveram a razão entre CHD e CHM igual ou superior a 50%, evidenciando que 56,4% (53) das máquinas dessas classes quando o motor estava em funcionamento ficaram mais de 50% do tempo paradas, sem realizar nenhuma operação que demandasse movimento físico. Esses resultados, conforme ASABE (2020), indicam uma possível oportunidade de melhoria na eficiência operacional das colhedoras de grãos.

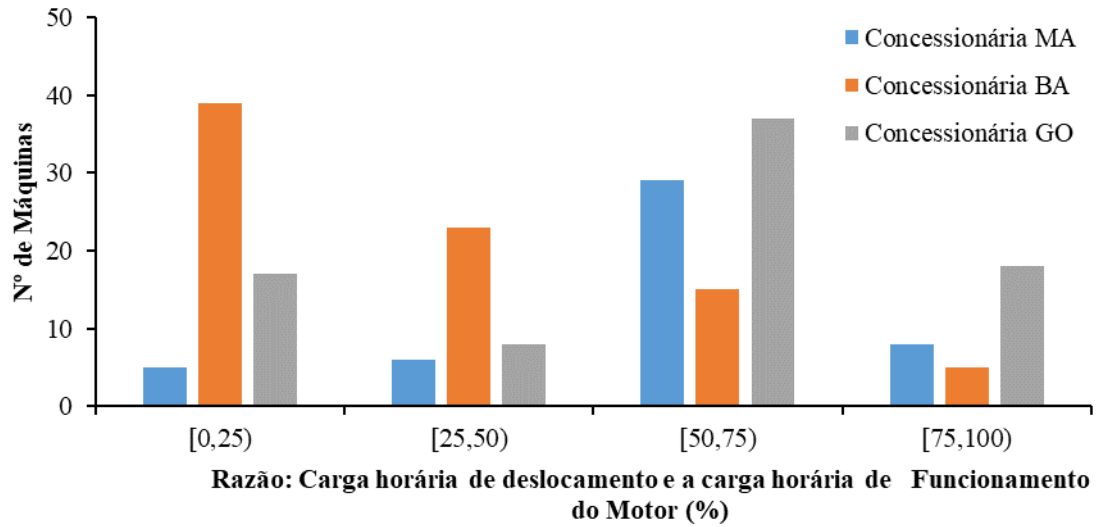
Ao contrário dos pulverizadores, os tratores apresentaram resultados mais favoráveis, em que mais de 50% em ambas as classes das máquinas tiveram uma razão entre CHD e CHM igual ou superior a 50%. Aproximadamente 76% (41) dos tratores 4x2 TDA e 93% (14) dos tratores 4x4 alcançaram essa eficiência. Os resultados dessas duas classes estão em conformidade com ASABE (2020), evidenciando que essas máquinas apresentaram um bom aproveitamento do tempo de funcionamento do motor durante o período analisado.

Ao comparar os resultados obtidos para razão entre CHD e CHM como os valores de referência de eficiência de campo apresentado em ASABE (2020) pode-se concluir que as colhedoras de cana-de-açúcar atingiram uma alta eficiência operacional, das colhedoras de grãos apresentaram uma necessidade de melhorias, os pulverizadores tiveram uma baixa eficiência operacional e os tratores 4x2 TDA e 4x4 tiveram um desempenho satisfatório. Essa análise permitiu identificar oportunidades de otimização e implementação de ações corretivas de modo a melhorar a eficiência operacional para todos os tipos de máquinas analisadas no estudo que não atingiram uma alta eficiência operacional, principalmente, porque todas os tipos de máquinas tiveram máquinas com razão entre CHD e CHM inferior a 50%, exceto para as colhedoras de cana-de-açúcar.

Na figura 15, é apresentado o comportamento da razão CHD e CHM máquinas agrícolas considerando cada concessionária. Observou-se diferenças significativas entre as concessionárias, evidenciando níveis distintos de eficiência operacional. As concessionárias MA e GO apresentaram o mesmo comportamento, em que mais de 50% das máquinas tiveram razão entre CHD e CHM superior a 50%. Aproximadamente 77% (37) das máquinas da concessionária MA e aproximadamente 69% (55) das máquinas da concessionária GO alcançaram essa eficiência. Esses resultados indicam um bom aproveitamento do tempo de funcionamento do motor das máquinas nessas regiões, demonstrando uma gestão mais eficaz das operações agrícolas que envolva o uso de máquinas agrícolas.

Por outro lado, a concessionária BA teve um comportamento oposto, em que apenas 24% das máquinas tiveram razão entre CHD e CHM superior a 50%. Esse resultado evidencia uma eficiência operacional abaixo do esperado, com um tempo significativo de ociosidade ou baixa atividade das máquinas em relação ao tempo de funcionamento do motor. Diante dos resultados, pode-se inferir, que, provavelmente, a concessionária enfrentou desafios específicos durante o período analisado. Isso pode incluir questões relacionadas à gestão da frota, manutenção inadequada dos equipamentos/componentes, falta de treinamento adequado dos operadores, diferenças nas características de extensões de áreas agricultáveis das fazendas e/ou operações agrícolas das regiões de cada concessionária.

Figura 15 - Razão entre a carga horária de deslocamento e a carga horária de funcionamento do motor agrícolas de acordo com cada concessionária no período de 01 de janeiro a 31 de dezembro de 2022



Fonte: Autora.

4 CONCLUSÃO

A partir da análise do conjunto de dados de telemetria de 685 máquinas agrícolas autopropelidas cadastradas em três concessionárias dos estados da região central do Brasil (BA, GO e MA) e considerando o período de análise 01 de janeiro de 2022 a 31 de dezembro de 2022, conclui-se que:

- 321 (47%) das máquinas não tiveram o módulo de telemetria ativado pelo agricultor;
- Colhedoras de grãos seguindo de trator de rodas 4x2 TDA e 4 x 4 são os tipos de máquinas com maior número de cadastrados. 299 (43,6%) das máquinas estão em cadastradas no concessionário da Bahia;
- 90% das máquinas agrícolas com sistema de telemetria ativado tiveram carga horária de funcionamento do motor inferior a 260 h no ano de 2022;
- Quando as máquinas estavam com o motor em funcionamento, as máquinas agrícolas estavam se deslocando, na média, em 75 % do tempo;
- O sistema de telemetria se mostrou útil para a gestão da frota das máquinas, possibilitando monitorar carga horária de funcionamento de motor, carga horária de tempo de deslocamento e a razão entre essas cargas horárias que possibilita inferir sobre a ociosidade das máquinas com motor em funcionamento;
- O desafio da utilização da telemetria é a deficiência na infraestrutura de telecomunicações das regiões agrícolas, que pode estar impedindo que as máquinas enviem seus dados para as plataformas de monitoramento.

REFERÊNCIAS

- AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL AND BIOLOGICAL ENGINEERS. **ASABE Standards, D497. 7, Agricultural Machinery Management Data**. Revisada em 2020. St. Joseph, p. 15. 2020.
- BELLOCCHIO, Sabrina Dalla Corte et al. O avanço do índice de tratorização brasileiro no período de 1976 a 2016. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 13, n. 3, p. 831-845, 2020
- COELHO, Andre Luiz de Freitas, OLIVEIRA, Thiago Furtado, NETTO, Mauricio Nicocelli. **Plataformas, aplicativos e softwares**. In: BORÉM, Aluizio et al. Agricultura digital. 2^a Ed. São Paulo: Oficina de Texto, 2022. cap. 15, p. 190-199.
- EMANI, MOHAMMAD et al. Agricultural mechanization, a key to food security in developing countries: strategy formulating for Iran. **Agriculture and Food Security**, v. 7, n. 24, 2018
- EMBRAPA. **Ciência e tecnologia tornaram o Brasil um dos maiores produtores mundiais de alimentos**. Embrapa, 2022, acesso disponível 18 de junho de 2023: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/75085849/ciencia-e-tecnologia-tornaram-o-brasil-um-dos-maiores-produtores-mundiais-de-alimentos>>.
- LIPS, Markus. Length of operational life and its impact on life-cycle costs of a tractor in Switzerland. **Agriculture**, v.7, n.8, 68, 2017
- MARTHA JÚNIOR, Geraldo Júnior. **Forças motrizes para a agropecuária brasileira na próxima década: implicações para a agricultura digital**. In: MASSRUHÁ, Silvia Maria Fonseca Silveira et al. Agricultura digital: pesquisa, desenvolvimento e inovação nas cadeias produtivas. Brasília, DF: Embrapa, 2020. cap. 15, p. 358-379.
- NOGUEIRA, Ana Cristina Maria et al. Crédito rural e o desempenho da agricultura no Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v. 15, n. 1, p. 168-189, 2021.
- SICHONAY, Oni Reasilvia de Almeida Oliveira et al. Telemetria na transmissão de dados de desempenho de máquinas agrícolas utilizando tecnologias GSM/GPRS e ZigBee. **Ciência Rural**, v.42, n.8, 2012.