

# UM ESTUDO ACERCA DA UTILIZAÇÃO DE DRONES NA INDÚSTRIA SIDERÚRGICA

Artigo a ser submetido ao periódico “Revista Brasileira de Inovação”

Fernanda Pinotti

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

fernandapinotti06@gmail.com

José Luis Duarte Ribeiro

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

ribeiro@producao.ufrgs.br

## Resumo

*A utilização de drones vem sendo estudada por diversas áreas do conhecimento, sendo propostas aplicações como inspeção e monitoramento em setores industriais variados. A indústria siderúrgica, todavia, ainda carece do uso dessa tecnologia. O objetivo do presente trabalho é estudar as aplicações de drones reportadas na literatura no intuito de verificar a possibilidade de utilização dessa tecnologia em uma usina siderúrgica. A partir do método de trabalho estabelecido, foi possível construir uma proposta de utilização de drones para a usina. Os resultados indicaram potencial de aplicação em quatro categorias: inspeção, monitoramento, entregas e inventário. Por fim, duas aplicações foram testadas junto a um fornecedor: inventário de pátio de sucata e inspeção de telhado. Mais testes serão necessários para avaliar os benefícios do uso de drones, porém os resultados já obtidos revelaram uma perspectiva positiva do uso dessa tecnologia em usinas siderúrgicas.*

**Palavras-chave:** drone, veículo aéreo não tripulado, VANT, usina siderúrgica.

## Abstract

*The use of drones has been studied by several areas of knowledge, suggesting applications such as inspection and monitoring in various industrial sectors. The steel industry, however, still lacks the use of this technology. The present work aims to study the applications of drones reported in the literature in order to verify the possibility of using this technology in a steel mill. Using the established work method, it was possible to develop a proposal for the use of drones for the plant. The results indicated potential application in four categories: inspection, monitoring, delivery and inventory. Finally, two applications were tested with one supplier: scrap yard inventory and roof inspection. More tests will be necessary to evaluate the benefits of using drones, but the results already reveal a positive perspective of the use of this technology in steel mills.*

**Key-words:** drone, unmanned aerial vehicle, UAV, steel mill.

## 1. Introdução

O constante cenário de competitividade em âmbito global exige que as empresas adotem determinadas práticas e estratégias para garantir seu bom posicionamento no mercado. Por essa razão, é usual o investimento em novas tecnologias no intuito de fazer melhorias dentro da empresa, seja reduzindo custos, aumentando a produtividade de algum processo ou aumentando a utilização de equipamentos, por exemplo. No caso da indústria siderúrgica mundial, segundo Carvalho (2012), os investimentos feitos em novas tecnologias e Pesquisa e Desenvolvimento ainda são baixos, principalmente quando comparados a outros setores industriais.

Uma tecnologia que vem se destacando pelo crescente uso em diversas áreas do conhecimento com aplicações variadas é o Veículo Aéreo Não Tripulado, mais conhecido como drone. Os drones são definidos pelo *US Department of Defense Dictionary of Military and Associated Terms* como aeronaves ou balões que não carregam um operador humano e são capazes de ter seu voo controlado por um controle remoto ou uma programação autônoma (GORTNEY, 2010). A utilização dessa tecnologia costumava ser associada ao setor militar (LONGHITANO, 2010), em função de ter a origem de seu desenvolvimento nesse ramo, porém há um crescente interesse por parte do setor privado nesses dispositivos. Isso pode ser explicado pela redução do custo da tecnologia, além das vantagens apresentadas pelos drones quando comparados com veículos tripulados (CAVOUKIAN, 2012).

Nesse contexto de diversos potenciais de aplicação (BLAND et al., 2004), é possível encontrar estudos variados que utilizam drones para aplicações em diferentes áreas do conhecimento. Entre as aplicações mais usuais encontradas na literatura, é possível destacar trabalhos voltados para inspeção de equipamentos (HAUSAMANN et al., 2005; IRIZARRY et al., 2012; NIKOLIC et al., 2013) e estudos voltados para monitoramento (KANISTRAS et al., 2013; LONGHITANO, 2010; MARTINS et al., 2015), sendo ambas as aplicações pertinentes à indústria siderúrgica. Outros setores já vêm relatando ganhos consideráveis a partir da utilização de drones, como é o caso do setor agrícola (COSTA, 2013; MEDEIROS et al., 2008), além de resultados promissores em trabalhos desenvolvidos para a mitigação de desastres naturais (EZEQUIEL et al., 2014; NEDJATI et al., 2015; SUZUKI et al., 2008). Entre os benefícios advindos da utilização de drones pode-se destacar maior facilidade na inspeção visual em ambientes industriais fechados (NIKOLIC et al., 2013), custos operacionais menores e melhor qualidade das imagens, quando comparado com a fotografia aérea tradicional (MARTINS et al., 2015).

Nesse sentido, o presente trabalho tem como principal objetivo avaliar as aplicações de drones disponíveis na literatura no intuito de verificar a possibilidade de utilização dessa tecnologia em uma usina siderúrgica, visando, assim, a melhorias no processo. A usina se localiza no Rio Grande do Sul, conta com cerca de 700 funcionários e é dividida, de modo geral, em seis áreas produtivas, as quais serão detalhadas na Seção 3 deste trabalho. Dessa forma, analisando processos diversificados,

juntamente com funcionários de cada área, é possível identificar oportunidades de aplicação de drones para a melhoria desses processos. O resultado final do estudo será uma proposta de utilização de drones na usina e o teste inicial de algumas aplicações.

Assim, o presente estudo pode ser considerado relevante, visto que poderá gerar melhorias nos processos da usina, seja por aumento de produtividade, redução em custos ou mesmo em melhorias acerca de aspectos de segurança. Além disso, os resultados obtidos a partir da utilização de drones nessa usina podem ser adaptados e então replicados para outras usinas da empresa, gerando ganhos mais expressivos a partir do compartilhamento de aprendizado. Por fim, a carência de estudos de aplicação de drones no cenário brasileiro (LONGHITANO, 2010) é entendida, também, como um fator que motiva a realização do trabalho.

Este artigo está dividido em cinco seções, sendo esta a introdução do trabalho, descrevendo o problema de pesquisa e objetivos. A Seção 2 contém o referencial teórico estudado para embasar o artigo e, em seguida, é descrita a metodologia empregada no trabalho na Seção 3. Por fim, as Seções 4 e 5 apresentam os resultados obtidos e as conclusões, respectivamente.

## **2. Referencial Teórico**

Nesta seção consta o embasamento teórico do trabalho. A seção 2.1 apresenta um breve histórico acerca do uso de drones disponível na literatura, com foco para o uso civil. A seção 2.2 apresenta as aplicações encontradas na literatura.

### **2.1 Histórico e avanço da tecnologia**

O início do desenvolvimento da tecnologia de drones varia na literatura. Alguns autores consideram que balões não tripulados carregados com bombas enviados para Veneza em 1849, seriam os primeiros registros de Veículos Aéreos Não Tripulados. (ALVES NETO, 2008 *apud* LONGHITANO, 2010). Por outro lado, segundo Nonami (2007), o primeiro drone foi construído em 1916, desenvolvido com um sistema de autopilotagem considerando, então, como a primeira aeronave com piloto automático.

Ao longo do século XX, a utilização de drones para fins militares foi crescendo: na Guerra do Vietnã, de 1964 até 1972, houve um uso substancial da tecnologia (COOK, 2007), bem como durante a Guerra do Golfo, no conflito na Bósnia-Herzegovina e mais recentemente no Afeganistão e no Iraque (LONGHITANO, 2010). Em contraste com essa realidade militar, a partir dos anos 90, o desenvolvimento de drones voltados para o uso civil começou a crescer. Nessa época, a NASA iniciou pesquisas acerca do uso civil da tecnologia (NONAMI, 2007) e, no caso do Brasil, a partir dos anos 2000 foi possível observar um crescimento do número de projetos envolvendo a tecnologia (LONGHITANO, 2010).

## 2.2 Aplicações

A partir de um estudo aprofundado na literatura, é possível encontrar trabalhos científicos que relatam a utilização de drones para diferentes fins. Apesar de terem sua aplicação ainda muito relacionada ao setor militar (MARTIN *et al.*, 2012; PING *et al.*, 2012), é possível encontrar uma gama variada de trabalhos em diversas áreas do conhecimento. Blyenburgh (1999) já relatava um interesse crescente da comunidade científica em relação aos drones, citando pesquisas nas áreas de monitoramento de tráfego, busca e resgate e monitoramento e controle de poluição.

O uso de drones para fins de monitoramento ainda está em estudo, mas já é possível afirmar que eles são muito úteis no caso de monitoramento de tráfego, conforme é relatado no estudo de Kanistras *et al.* (2013). A partir da análise de diferentes trabalhos acadêmicos concluídos e tendências na época acerca do uso de drones para monitoramento de tráfego de veículos, foi possível perceber que, para essa aplicação específica, existem duas características chave que geram melhores resultados quando comparado aos métodos tradicionais: a capacidade de manobra e a comunicação por rede sem fio.

Outra aplicação de monitoramento feito por drones é proposta por Longhitano (2010), porém com o objetivo de avaliação e monitoramento especificamente de acidentes com cargas perigosas em rodovias. Além de se mostrar como uma opção viável em relação aos aspectos técnicos e de custos, os resultados apontam também melhoria na segurança bem como a geração de informações mais qualificadas. (LONGHITANO, 2010). Por fim, esse autor destaca a possibilidade de utilização dos drones de forma similar para avaliação e monitoramento emergencial após desastres naturais de abrangência semelhante, com alterações de alguns parâmetros para melhor adaptação aos casos específicos.

A utilização dos drones relacionada ao auxílio de atividades de resposta a desastres naturais mencionada por Longhitano (2010) é o tema central dos estudos desenvolvidos por Ezequiel *et al.* (2014), Nedjati *et al.* (2015) e Suzuki *et al.* (2008). O estudo realizado por Ezequiel *et al.* (2014) apresenta variadas aplicações de um drone de baixo custo no auxílio e recuperação pós-desastres, na gestão ambiental e no desenvolvimento de infraestrutura nas Filipinas. Dentre as aplicações estão a estimativa de danos após o tufão Haiyan, o monitoramento do rio Aklan e o monitoramento do progresso de uma estrada e uma ponte em construção.

Nedjati *et al.* (2015) apresentam seu trabalho com o objetivo de melhorar a logística humanitária após um terremoto. Em razão das dificuldades de transporte por terra que são criadas após um evento de desastre natural, é necessário que haja um sistema de resposta de via aérea. Os resultados mostram que, com a utilização de 460 drones de médio porte, é possível transportar, em duas horas e meia, aproximadamente 100.000 quilos de suprimentos, partindo de três centros de distribuição, para 44 pontos em necessidade. Nas horas seguintes, o sistema auxilia na resposta à demanda de cidadãos em áreas que ficaram sem acesso.

Suzuki *et al.* (2008) propõem um sistema de mitigação de desastres naturais baseado na utilização de drones de pequeno porte. O método proposto consiste na geração de mapas de risco criados a partir da integração de um GPS e outros dois sensores. Os testes revelam que o sistema é efetivo para a mitigação de desastres e apresenta vantagens na coleta de informações quando comparado às aeronaves tradicionais, como menor custo operacional, maior segurança e possibilidade de voo de menor altitude, o que possibilita imagens de melhor resolução.

Os benefícios relacionados à segurança mencionados por Suzuki *et al.* (2008) são descritos também nos estudos de Irizarry *et al.* (2012) e Cho *et al.* (2015). O modelo matemático descrito por Cho *et al.* (2015) tem como objetivo otimizar a rota feita pelos drones e o cronograma de recarregamento de bateria para fins de operações de segurança no setor de óleo e gás.

Já o trabalho desenvolvido por Irizarry *et al.* (2012), bem como os de Hausamann *et al.* (2005) e Nikolic *et al.* (2013), discutem a utilização de drones como ferramentas de inspeção. Irizarry *et al.* (2012) propõem o uso de drones com o objetivo de auxiliar a inspeção de segurança na construção civil. Os resultados revelam que a utilização do drone em conjunto com um dispositivo de tela grande, um tablet, por exemplo, pode ser tão acurado quanto manter o próprio gestor de segurança com vista total para o local de trabalho. Por fim, são levantadas algumas funcionalidades para construir um drone de inspeção de segurança ideal, entre elas interação por voz, câmeras de alta resolução e navegação autônoma.

Nikolic *et al.* (2013) apresentam a utilização de um drone de pequeno porte para desempenhar atividades de inspeção dentro de uma caldeira industrial em uma usina termelétrica movida a carvão. Tais atividades representam riscos para os trabalhadores, por isso, a cada inspeção desses equipamentos, diversas precauções são tomadas para minimizar esses riscos. Os resultados do estudo elucidam que a possibilidade de obter imagens das paredes da caldeira de uma distância pequena contribui na detecção de problemas estruturais maiores.

O trabalho desenvolvido por Hausamann *et al.* (2005) também tem como objetivo a utilização de drones para inspeção de segurança de tubulações. Na Europa, as tubulações das redes de transmissão de gás natural costumam ser inspecionadas por patrulhas a pé ao longo do gasoduto ou por pequenos aviões ou helicópteros. Apesar de garantirem um nível alto de segurança, são métodos muito caros. Foram realizados testes com dois diferentes modelos de drones, sendo um de pequeno porte com capacidade para voos de baixa altitude e outro de médio porte com capacidade para voos de média altitude. Apesar de existir necessidade de aprofundamento do estudo em alguns aspectos, como questões de certificação dos dispositivos, foi evidenciado que ambos os modelos podem ser utilizados para a atividade de inspeção do gasoduto.

No caso de aplicações civis em geral, Ping *et al.* (2012) afirmam que as características determinantes para a escolha do dispositivo são custo e tamanho. Após perceberem um *gap* que não estava sendo atendido pelo mercado de drones de uso civil,

os autores desenvolveram um protótipo que tinha como objetivo preencher este *gap*. Nesse sentido, o Alpha UAV desenvolvido não poderia ter uma envergadura maior do que 2,5 metros, sendo capaz de levar até 1 quilo de carga e percorrer uma distância total de 20 a 30 quilômetros, característica que permite uma redução no custo do dispositivo.

Os drones também contribuem efetivamente para perícia e monitoramento de questões ambientais (CÂNDIDO; SILVA; PARANHOS FILHO, 2015). Os estudos apresentados por Martins *et al.*, (2015) e Cândido *et al.*, (2015) relatam a utilização de drones nesse setor. O trabalho desenvolvido por Martins *et al.* (2015) teve como objetivo apresentar uma alternativa à fotografia aérea tradicional e às imagens de satélites para o monitoramento da sanidade de castanhais, já que tais métodos acabam se mostrando muito custosos para áreas poucos extensas. Os resultados confirmam que não só os custos foram menores com a utilização de drones, mas também as imagens obtidas são de qualidade e resolução superiores.

Cândido *et al.* (2015) desenvolveram um estudo testando diversas técnicas de classificação digital de imagens com o objetivo de criar uma rotina de procedimentos de utilização de drones para fins de monitoramento e perícia ambiental no planejamento do uso e ocupação do solo. A partir das imagens de alta resolução espacial obtidas é possível realizar o mapeamento do padrão de uso e ocupação da terra, além de monitorar a eficácia da recuperação ambiental de áreas degradadas. Desse modo, foi confirmada a eficiência da aplicação dos drones não só para esse caso, mas também para diversas áreas no âmbito do Código Florestal Brasileiro.

Ainda com relação a aplicações ambientais, Elsey e Trosclair III (2016) propõem a utilização de um drone para detecção de ninhos de jacarés em uma área pantanal no estado de Louisiana, nos Estados Unidos. Foram realizados três voos nos quais foi possível observar um total de 12 ninhos, o dobro do que era possível observar sem o uso do dispositivo. Foi possível concluir, então, que os drones são úteis para essa e outras aplicações dentro da mesma temática. A sugestão é que eles não sejam utilizados para a contagem total de ninhos de uma área, mas sim como ferramenta para auxiliar na determinação do momento certo de utilizar um helicóptero capaz de cobrir uma área de milhares de hectares. Por fim, a solução é economicamente vantajosa quando comparada ao aluguel de um helicóptero, pois o drone adquirido ainda poderá ser aplicado em diversos estudos futuros.

No setor agrícola, exemplos do uso de drones são relatados por Medeiros *et al.* (2008) e Costa (2013). O trabalho desenvolvido por Medeiros *et al.* (2008) teve como objetivo o desenvolvimento de um procedimento alternativo para aquisição de dados e telemetria das atividades agrícolas com o uso de um drone previamente desenvolvido por um dos autores. Apesar de algumas dificuldades enfrentadas relativas à altura do voo e à câmera fotográfica utilizada, já era possível afirmar que o equipamento apresentava grande potencial como ferramenta auxiliar na localização de áreas com falhas de germinação e no mapeamento de área, por exemplo.

Já o trabalho proposto por Costa (2013) envolveu a avaliação de um sistema conjunto de drones e redes de sensores sem fio com a finalidade de aumentar a eficiência e a precisão de aplicação de defensivos químicos em campos agrícolas para que, desse modo, seja possível minimizar a aplicação desses produtos. Os resultados obtidos a partir dos experimentos revelaram que o sistema proposto não só é melhor do que o sistema tradicional, como também é mais estável. A comunicação do drone com os sensores instalados no solo permite que a aplicação dos defensivos químicos seja mapeada e, caso essa aplicação esteja ocorrendo fora do espaço delimitado, a rota do dispositivo é modificada, reduzindo a contaminação das áreas vizinhas.

Algumas abordagens menos convencionais também estão presentes na literatura. Brasil e Frazão (2013) descrevem em seu trabalho a utilização de um drone para a cobertura jornalística das manifestações ocorridas no Brasil em junho de 2013. A experiência trouxe uma nova perspectiva, porém questões ligadas à postura ética dessa aplicação e mesmo à legislação dos dispositivos exigem que estudos mais aprofundados sejam realizados.

Por fim, a única utilização de drones voltada para a indústria siderúrgica encontrada nas pesquisas feitas foi um vídeo disponível em rede social. O vídeo inicia com algumas imagens durante o projeto do dispositivo e, em seguida, mostra um drone voando em uma aciaria, sobre o forno elétrico a arco. O vídeo (disponível em [https://www.facebook.com/tpmbr/videos/814978845242798/?hc\\_ref=SEARCH](https://www.facebook.com/tpmbr/videos/814978845242798/?hc_ref=SEARCH)) tem como objetivo mostrar o processo da aciaria, mais especificamente do forno elétrico a arco, utilizando cenas dos momentos do voo do drone sobre o forno, e as próprias imagens feitas por ele.

O Quadro 1 resume as aplicações descritas pelos autores mencionados no referencial teórico.

**Quadro 1: Aplicações de drones reportadas na literatura**

<b>Aplicações</b>	<b>Autores</b>
Cobertura jornalística das manifestações ocorridas no Brasil em junho de 2013	Brasil e Frazão (2013)
Teste de técnicas de classificação digital de imagens para criar uma rotina de procedimentos de utilização de drones para fins de monitoramento e perícia ambiental no planejamento do uso e ocupação do solo	Cândido et al. (2015)
Otimização de rotas feita por drones e do cronograma de recarregamento de bateria para fins de operações de segurança no setor de óleo e gás	Cho et al. (2015)
Avaliação de um sistema conjunto de drones e redes de sensores sem fio para aumentar a eficiência e a precisão de aplicação de defensivos químicos em campos agrícolas	Costa (2013)
Detecção de ninhos de jacarés em uma área pantanal	Elsey e Trosclair III (2016)
Aplicações de um drone de baixo custo no auxílio e recuperação pós-desastres, na gestão ambiental e no desenvolvimento de infraestrutura nas Filipinas	Ezequiel et al. (2014)
Testes de drones para inspeção de gasoduto	Hausamann et al. (2005)
Proposta de uso de drones com o objetivo de auxiliar a inspeção de segurança na construção civil	Irizarry et al. (2012)
Estudo das características chave que geram melhores resultados na função de monitoramento de tráfego	Kanistras et al. (2013)
Avaliação e monitoramento de acidentes com cargas perigosas em rodovias	Longhitano (2010)
Proposição de uma alternativa à fotografia aérea tradicional e às imagens de satélites para o monitoramento da sanidade de castanhais	Martins et al., 2015
Desenvolvimento de um procedimento alternativo para aquisição de dados e telemetria das atividades agrícolas com o uso de drone	Medeiros et al. (2008)
Utilização de drone para melhorar a logística humanitária após um terremoto	Nedjati et al. (2015)
Utilização de drone para desempenhar atividades de inspeção dentro de uma caldeira industrial em uma usina termelétrica	Nikolic et al. (2013)
Desenvolvimento de um protótipo de drone com características voltadas a aplicações civis	Ping et al. (2012)
Proposta de um sistema de mitigação de desastres naturais baseado na utilização de drones de pequeno porte em conjunto com GPS e outros dois sensores	Suzuki et al. (2008)

### **3. Procedimentos Metodológicos**

Esta seção contempla os procedimentos metodológicos utilizados no desenvolvimento do estudo. Estruturalmente, na seção 3.1 é descrito o cenário da empresa na qual o trabalho foi aplicado, na seção 3.2 é caracterizado o método de pesquisa e na seção 3.3 é caracterizado o método de trabalho.

#### **3.1. Descrição do cenário**

O estudo foi conduzido dentro de uma empresa do setor siderúrgico que possui usinas em diversos estados do Brasil, bem como em outros doze países. A usina em questão tem sua produção voltada para o mercado de aços especiais, tendo como



principais clientes empresas do segmento automotivo. Trata-se de uma usina semi-integrada, dividida nos seguintes processos produtivos: Aciaria, Laminação, Logística, Manutenção, Laboratórios e Transformação Mecânica, sendo essas áreas subdivididas em células menores.

O processo produtivo inicia na Aciaria, que está organizada em cinco células: Pátio de Sucata; Forno Elétrico a Arco (FEA); Metalurgia Secundária; Lingotamento; e Refratários e Ligas. O início do processo ocorre no Pátio de Sucata, onde a matéria-prima é classificada e separada em categorias. A sucata é então levada do pátio até o FEA, onde ocorre sua fusão a partir da energia térmica dos arcos elétricos formados entre os eletrodos de grafite e a carga metálica. O passo seguinte é feito na célula da Metalurgia Secundária, onde o material é colocado no forno-panela. Nessa etapa do processo são enviadas amostras do aço líquido para o Laboratório Químico, com o objetivo de avaliar a composição do aço. Conforme forem os resultados, é possível realizar o ajuste da composição. Nessa célula ocorre também o processo de desgaseificação a vácuo. Por fim, o aço líquido chega à célula do Lingotamento Contínuo, onde ele deve atingir o formato, a dimensão e o peso estabelecidos. O produto final da Aciaria é chamado de tarugo e possui uma seção quadrada.

O processo seguinte é a Laminação, onde ocorre a redução de seção e o aumento de comprimento do tarugo. O processo consiste na passagem do material pelos cilindros dos laminadores, gerando barras quadradas ou redondas como produto final. Essa área possui dois laminadores, que se diferenciam pela sua capacidade de redução. A área está organizada em sete células: Laminação 1; Laminação 2; Saída da Laminação 1; Saída da Laminação 2; Forjaria; Usinagem; e Oficina de Cilindros. Inicialmente, o material é reaquecido no forno e, em seguida, passa por um dos laminadores, onde irá atingir o diâmetro final estabelecido. Nas saídas dos laminadores as barras são cortadas conforme especificação do cliente, identificadas e embaladas.

Finalizado o processo da Laminação, as barras são transportadas para a Transformação Mecânica, que tem sua estrutura composta por cinco células: Tratamento Térmico; Endireitamento; Inspeção; Preparo de Tarugos; e Acabamento, onde ocorrem os processos de descascamento, trefilação e retificação. Nessa área, os produtos da Laminação, Forjaria e Aciaria são tratados e acabados para atender as especificações de propriedades mecânicas e acabamento superficial pedidas pelos clientes.

As movimentações do produto realizadas dentro da usina entre as diferentes áreas são feitas pela Logística, que é subdividida em três células: Armazenagem e Carregamento; Movimentação e Estocagem de Produto Interno (MEPI); e Transporte. Os transportes são realizados com auxílio de empilhadeiras e carros pórticos e os materiais são armazenados em cavaletes. A logística externa é feita por uma empresa terceirizada que possui um escritório dentro da usina. A área da Logística é responsável por determinar quais serão as entregas do dia, assim a terceirizada pode disponibilizar

os transportes mais adequados, levando em consideração o material, o cliente, e o local de destino, por exemplo.

A manutenção de equipamentos da usina é coordenada pela área de Manutenção, por isso é considerada centralizada. Ela é composta por células menores dedicadas a outras áreas (Manutenção da Aciaria; Manutenção Elétrica da Laminação, por exemplo), sendo responsável pela manutenção dos diversos equipamentos utilizados dentro da usina, desde o forno da Aciaria até os carros pórticos. Além disso, as paradas para manutenção preventiva são programadas e executadas pela Manutenção juntamente com as áreas.

A usina conta também com o Laboratório Químico e o Laboratório Metalúrgico, onde são realizados testes nos materiais. O Laboratório Químico atua principalmente antes e durante o processo de produção do aço. Antes do início, são feitas análises das ligas, enquanto que, durante o processo produtivo, a Aciaria envia amostras para análise química que são realizadas e, conforme o resultado, são feitos ajustes da composição do aço no forno. O Laboratório Metalúrgico trabalha principalmente com o produto acabado, realizando ensaios mecânicos para liberação de material. Entre os ensaios realizados com maior frequência estão os ensaios de dureza e descarbonetação. A Figura 1 ilustra um processo genérico de produção de aço de usinas integradas e usinas semi-integradas.

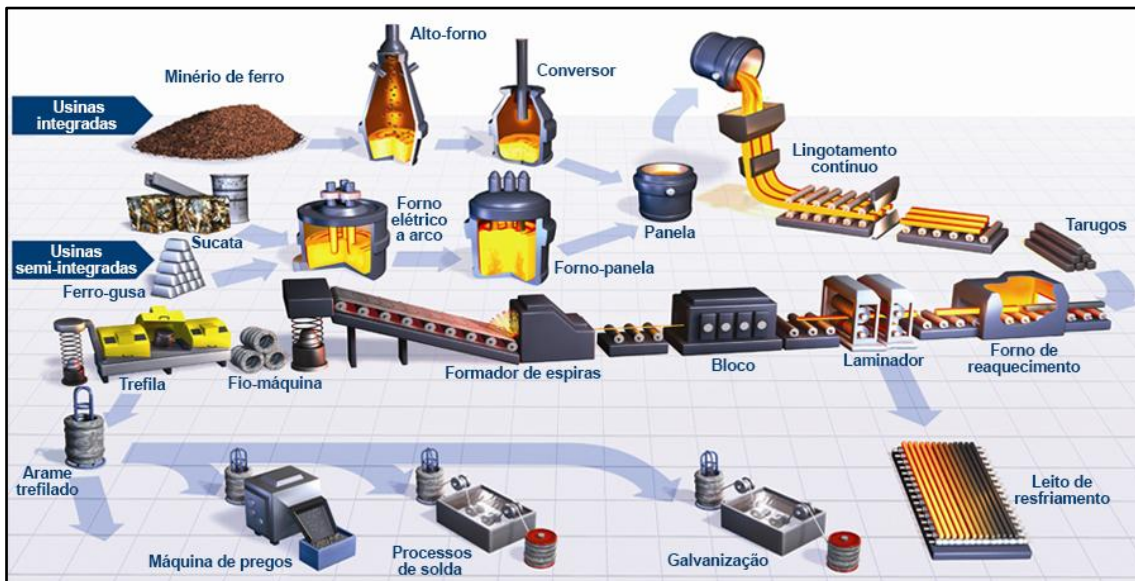


Figura 1. Processo genérico de produção de aço (Fonte: empresa em estudo)

### 3.2. Caracterização do método de pesquisa

Em relação à caracterização do método de pesquisa utilizado no presente estudo, conforme Gil (2002), é possível afirmar que se trata de um trabalho de natureza aplicada, pois irá gerar conhecimento referente ao uso de drones na indústria passível de aplicação imediata. Além disso, trata-se de um estudo que segue a abordagem qualitativa, já que as etapas metodológicas são embasadas no levantamento de

informações, em um *brainstorming* e na construção de uma proposta para aplicação da tecnologia na empresa. Quanto aos objetivos e aos procedimentos do estudo, é possível classificá-lo, respectivamente, como exploratório e como estudo de caso, uma vez que foi feita uma pesquisa acerca de uma tecnologia nova com o objetivo de entendê-la melhor (caráter exploratório) e, dessa forma, sugerir sua utilização em um ambiente específico (objeto do estudo de caso).

### 3.3. Caracterização do método de trabalho

Para possibilitar o alcance dos objetivos do trabalho, ele está estruturado em cinco etapas: i) levantamento de informações; ii) apresentação da tecnologia; iii) tabulação e análise dos dados; iv) proposta de utilização de drones na usina; v) testes. A Figura 2 ilustra o fluxo das etapas de trabalho.

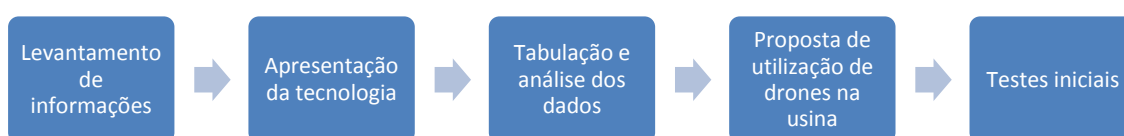


Figura 2. Etapas do trabalho (Fonte: elaborado pelos autores)

Primeiramente, foi feito um levantamento a partir de diversas fontes das aplicações potenciais de drones. Além da consulta feita na literatura acadêmica, reportagens e vídeos retirados da internet também foram considerados na composição do levantamento dessas informações. Essa etapa teve como principal objetivo identificar as diferentes utilizações da tecnologia, pois essas informações são utilizadas na apresentação realizada na etapa seguinte.

A partir da pesquisa sobre utilização de drones feita na primeira etapa, foi elaborada uma apresentação da tecnologia para lideranças de diferentes células da usina. A participação de um fornecedor de drones nesse momento enriqueceu a discussão e possibilitou o esclarecimento de dúvidas técnicas que surgiram. Ao final, foi feito um *brainstorming* com os presentes, solicitando que cada um sugerisse as possíveis aplicações da tecnologia nos processos da usina sob sua responsabilidade.

A terceira etapa consistiu na tabulação e análise dos dados coletados a partir do *brainstorming* realizado na etapa anterior. As informações foram dispostas em uma tabela e organizadas conforme tipo de utilização (monitoramento ou inspeção, por exemplo). Em seguida, foi feita a relação entre os espaços da usina e as oportunidades identificadas, seguida da priorização das mesmas. O resultado foi uma proposta de utilização de drones na usina divulgada entre as lideranças das células, de forma que pessoas de diferentes áreas pudessem observar o rol de aplicações idealizadas. Por fim, foram selecionadas duas aplicações com maior potencial de aplicação no curto prazo para serem testadas junto a um fornecedor.

#### 4. Resultados e discussão

Esta seção tem como objetivo apresentar os resultados obtidos no estudo a partir da aplicação do método apresentado na subseção 3.3. Para fins de organização, esta seção está dividida em duas subseções: “Levantamento de informações e proposta de utilização de drones”, contemplando as etapas i, ii, iii e iv do método de trabalho, e “Testes iniciais”, contemplando a etapa v.

##### 4.1. Levantamento de informações e proposta de utilização de drones na usina

Conforme o método de trabalho, a primeira etapa consistiu em uma pesquisa feita em diversas fontes de informação sobre a tecnologia de drones. Além de trabalhos científicos desenvolvidos sobre o assunto, também foram consideradas informações obtidas com pessoas e empresas que já haviam utilizado ou testado a tecnologia na indústria. Vídeos e reportagens sobre o assunto também fizeram parte do levantamento de informações. O Quadro 2 resume as fontes de informações utilizadas.

**Quadro 2: Fontes de informações pesquisadas referentes à utilização de drones na indústria**

Fonte de informação	Quantidade
Artigos	28
Pessoas	6
Reportagens	4
Vídeos	2

Baseado na pesquisa sobre utilização de drones feita na etapa anterior, foi elaborada a apresentação da tecnologia para as lideranças de diferentes células da usina, conforme previsto na segunda etapa do método de trabalho. Com o intuito de enriquecer a discussão e esclarecer dúvidas técnicas que poderiam surgir, um fornecedor de drones foi convidado a participar desse momento. O principal objetivo dessa apresentação foi expor a tecnologia dos drones para os presentes, mostrando aplicações já testadas em diferentes serviços e setores da indústria, com a finalidade de despertar ideias de possíveis usos para melhoria em suas próprias áreas. Ao final, foi feito um *brainstorming* com os presentes, solicitando que cada um sugerisse as possíveis aplicações da tecnologia nos processos da usina sob sua responsabilidade. As sugestões foram compiladas em uma cartolina dividida por áreas da usina, conforme a Figura 3, e, para fins de classificação e análise, foi elaborado o Quadro 3.

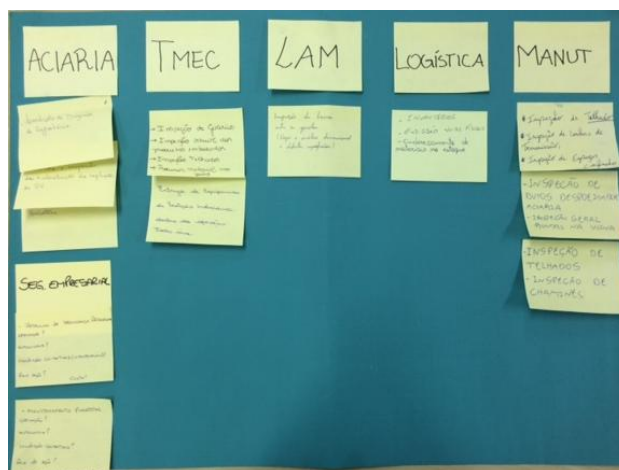


Figura 3. Compilado de informações obtidas no *brainstorming*

Quadro 3. Detalhamento das utilizações sugeridas em cada categoria.

<b>Categoria</b>	<b>Utilizações</b>
1. Inspeção	1.1 Inspeção de gaiolas 1.2 Inspeção da barra entre as gaiolas (análise dimensional e defeitos superficiais) 1.3 Inspeção de linhas de transmissão 1.4 Inspeção de espaços confinados 1.5 Inspeção de chaminés 1.6 Inspeção de galerias 1.7 Inspeção visual de produtos embalados 1.8 Inspeção de telhados 1.9 Inspeção do despoeirador 1.10 Controle de desgaste de refratário
2. Inventário	2.1 Inventário de material 2.2 Inventário do pátio de sucata 2.3 Localização de material no pátio
3. Monitoramento	3.1 Monitoramento florestal 3.2 Patrulha de segurança patrimonial
4. Entregas	4.1 Entrega de Equipamento de Proteção Individual (EPI) dentro da operação 4.2 Entrega de notas fiscais

O Quadro 3 evidencia que a categoria inspeção revela o maior número de oportunidades de utilização de drones na usina, apresentando um número notadamente maior de aplicações do que as demais categorias. Consequentemente, o maior número de utilizações sugeridas foi para a área de manutenção, como é possível observar no Quadro 4, que foi elaborado a partir de uma priorização por área das possíveis aplicações levantadas no estudo. Essa atividade foi feita com o auxílio de colaboradores de cada uma das áreas contempladas no trabalho, para assegurar resultados mais precisos.

**Quadro 4. Proposta de utilização de drones na usina, com indicação de prioridade.**

<b>Área</b>	<b>Utilizações</b>
Aciaria	1º Inventário do pátio de sucata 2º Inspeção do despoeirador 3º Controle de desgaste de refratário
Laminação	1º Inspeção de gaiolas 2º Inspeção de barra entre as gaiolas
Logística	1º Inventário de material 2º Entrega de notas fiscais
Manutenção	1º Inspeção de telhados 2º Inspeção de chaminés 3º Inspeção de linhas de transmissão 4º Inspeção de galerias 5º Inspeção de espaços confinados
Segurança Empresarial	1º Patrulha de segurança patrimonial 2º Monitoramento florestal
Todas as áreas	1º Localização de material no pátio 2º Entrega de Equipamento de Proteção Individual (EPI) dentro da operação
Transformação Mecânica	Inspeção visual de produtos embalados

A partir da consolidação da proposta de drones na usina, testes iniciais foram realizados com o fornecedor que participou do *brainstorming* na segunda etapa do

trabalho. Nesse caso, foram testadas duas aplicações: inspeção de telhados e inventário do pátio de sucata. A decisão referente aos testes foi tomada com base na possibilidade de contratação do serviço em um curto prazo e na disponibilidade de pessoal para o acompanhamento dos testes.

## 4.2. Testes

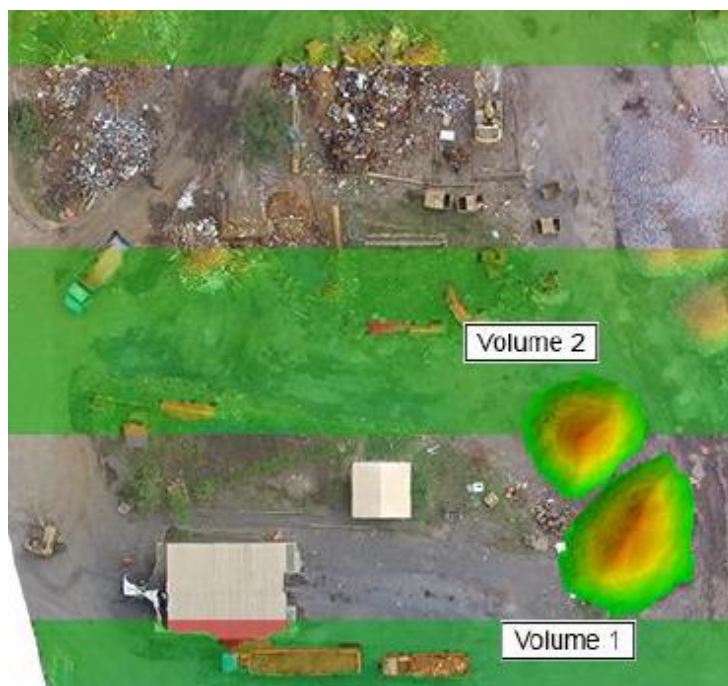
Ambos os testes foram realizados com o mesmo equipamento, um drone M100 multirotor do tipo quadricóptero equipado com uma câmera filmadora 4K de 12MP de resolução, estabilizada magneticamente, conforme a Figura 4. O primeiro teste foi realizado no pátio de sucata por meio de um voo pré programado, assim não há necessidade de intervenção do piloto durante o trajeto, sendo necessário apenas o acionamento do botão “Iniciar Missão”.



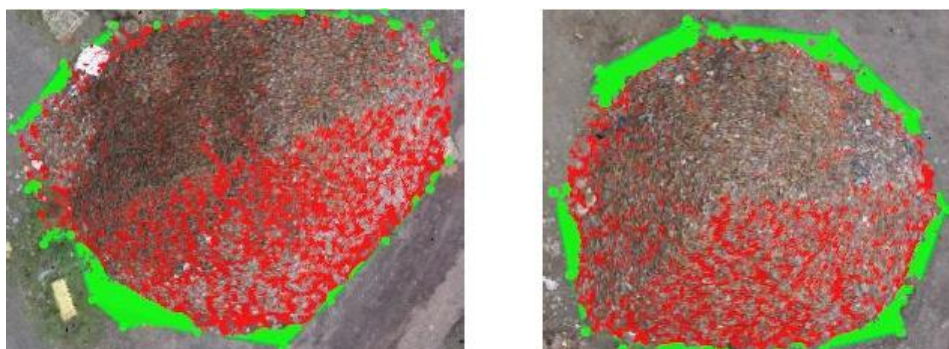
Figura 4. Drone M100 utilizado no teste

Atualmente, o inventário do pátio de sucata é feito a cada três meses utilizando o método de topografia terrestre, realizado por uma empresa contratada. São necessários de dois a três dias de trabalho para conclusão do inventário, gerando transtorno na gestão do pátio, visto que há sucata sendo entregue todos os dias. Por esse motivo, durante a realização do inventário, a sucata entregue precisa ser desviada para outra área e, ao final do processo, pode ser levada ao local adequado.

O teste inicial realizado no pátio de sucata utilizou a técnica de aerofotogrametria digital por drone e simulou o percurso de voo necessário para o cálculo do volume de sucata, provando ser um método mais rápido quando comparado à topografia terrestre. A acurácia dos volumes calculados não pode ser afirmada porque, para garantia de precisão, é necessária a utilização de pontos de controle de posicionamento geográfico, conforme explicação do fornecedor. Dessa forma, será necessário fazer um novo teste utilizando sensores em determinados pontos do pátio, com o objetivo de garantir a acurácia do resultado, e realizando ambos os inventários simultaneamente: por topografia terrestre e por aerofotogrametria digital com drone. Mesmo com a necessidade da realização de novos testes, é possível notar que o inventário realizado por drone apresenta vantagens em relação à topografia terrestre nos quesitos de produtividade e de segurança. Produtividade, pois é feito em algumas horas e sem a necessidade de desvio de sucata, e segurança, pois a necessidade de pessoas envolvidas no processo é menor. As Figuras 5 e 6 foram obtidas a partir do relatório de teste enviado pelo fornecedor.



**Figura 5. Imagem superior com a demarcação dos volumes calculados**



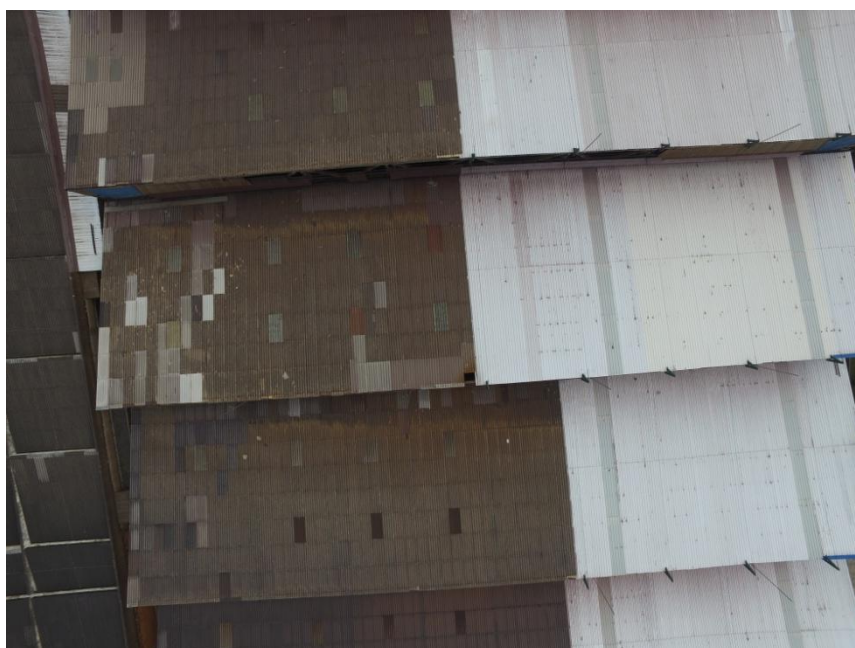
**Figura 6. Detalhamento dos volumes calculados**

O segundo teste realizado foi para verificar a possibilidade de utilização do drone para inspeção de telhado. Nesse caso, foi utilizado o mesmo equipamento do teste do pátio de sucata, porém com o modo de voo diferente. Ao invés de um voo pré programado, o drone foi operado por um piloto, possibilitando que o responsável pela manutenção civil da usina indicasse os pontos de interesse de inspeção. Durante o voo foram tiradas fotos, como as Figuras 7 e 8, e gravados alguns vídeos com o objetivo de analisar posteriormente as imagens para verificação das condições do telhado. A análise das imagens não foi concluída, por isso o resultado final da inspeção não será divulgado no presente estudo. Ainda assim, foi possível observar aspectos positivos da inspeção de telhados com drones, como precisão e boa definição das imagens, além de rapidez e flexibilidade do processo.





**Figura 7. Foto tirada pelo drone durante o voo de inspeção do telhado**



**Figura 8. Foto tirada pelo drone durante o voo de inspeção do telhado**

## **5. Conclusão**

A necessidade de promover melhorias nos processos dentro das empresas impulsiona o desenvolvimento de pesquisas de novas tecnologias. Uma tecnologia que vem sendo estudada é a utilização de drones no âmbito industrial, porém ainda não há muita literatura que considere essa possibilidade para a indústria siderúrgica. Por esse motivo, o presente trabalho teve como objetivo estudar as aplicações de drones reportadas na literatura, no intuito de verificar a possibilidade de utilização dessa

tecnologia em uma usina siderúrgica. Ao final, o resultado apresentado foi uma proposta de utilização de drones para a usina em estudo, além da análise de alguns testes iniciais de aplicação.

Para atingir o objetivo proposto, foi aplicada uma metodologia estruturada em cinco etapas: i) levantamento de informações; ii) apresentação da tecnologia; iii) tabulação e análise dos dados; iv) proposta de utilização de drones na usina; v) testes iniciais. O levantamento de informações foi feito a partir de uma pesquisa em diferentes fontes de informação, que foram utilizadas na etapa seguinte de apresentação da tecnologia. Além de apresentar a tecnologia, nesse momento foi feito um *brainstorming* com lideranças da usina para fomentar a sugestão de possíveis utilizações de drones na usina. As sugestões foram classificadas e priorizadas com o objetivo de montar a proposta de utilização de drones na usina. Por fim, duas aplicações foram selecionadas e testadas.

O estudo levantou possibilidades de utilização de drones para as áreas de Aciaria, Laminação, Transformação Mecânica, Manutenção, Logística e Segurança Patrimonial, sendo que as oportunidades voltadas para a área de Manutenção foram em maior quantidade. Conseqüentemente, o tipo de aplicação que mais obteve sugestões foi inspeção, enquanto as aplicações de monitoramento, entregas e inventário tiveram um número menor de sugestões. Além disso, foram realizados testes iniciais envolvendo o inventário do pátio de sucata e inspeções no telhado com drone. Os resultados, apesar de não serem definitivos, revelaram uma perspectiva positiva em relação ao uso de drones para melhorar esses e outros processos que ainda não foram testados.

Como sugestões para trabalhos futuros, seria interessante testar outras utilizações levantadas para verificar sua viabilidade técnica. Além disso, cabe um estudo de viabilidade econômica, analisando a redução de custo em determinados processos devido à utilização de drones. Esse estudo também ajudaria a decidir se a opção mais interessante para a empresa é comprar um equipamento próprio ou contratar o serviço de um fornecedor.

## Referências

BLAND, G.; CORONADO, P.; MILES, T.; BRETTHAUER, P.; LUNSFORD, A.; BOGNAR, J. **Sensors with Wings - Small UAVs for Earth Science**. 2004. American Institute of Aeronautics and Astronautics.

BRASIL, A.; FRAZÃO, S. M. **Drones no ar e ninjas nas ruas: os desafios do jornalismo imersivo nas mídias radicais**. 2013. Sessões do imaginário, Vol. 18, No. 30, pg. 127-136, Porto Alegre, Brasil.

BLYENBURGH, P. **UAVs: an Overview**. 1999. Air & Space Europe, Vol. 1, N° 5/6.

CÂNDIDO, A. K. A. A.; SILVA, N. M.; PARANHOS FILHO, A. C. **Imagens de Alta Resolução Espacial de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT) no Planejamento do Uso e Ocupação do Solo**. 2015. Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ. Vol. 38 – 1/2015 pg. 147-156.

CARVALHO, T. **Análise da segmentação tecnológica dos mercados da indústria siderúrgica no Brasil**. 2012. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba, Brasil.

CAVOUKIAN, A. **Privacy and Drones: Unmanned Aerial Vehicles**. 2012. Information & Privacy Commissioner. Ontario, Canada.

CHO, J.; LIM, G.; BIOBAKU, T.; KIM, S.; PARSAEI, H. **Safety and security management with Unmanned Aerial Vehicle (UAV) in oil and gas industry**. 2015. 6<sup>th</sup> International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics (AHFE 2015) and the Affiliated Conferences, AHFE 2015. Georgia, USA.

COOK, K. **The Silent Force Multiplier: The History and Role of UAVs in Warfare**. 2007. Aerospace Conference, 2007 IEEE. Big Sky, Montana, USA.

COSTA, F. G. **Integração entre veículos aéreos não tripulados e redes de sensores sem fio para aplicações agrícolas**. 2013. Dissertação (Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Ciências de Computação e Matemática Computacional). Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, Universidade de São Paulo, 2013.

ELSEY, R. M.; TROSCLAIR III, P. L. **The Use of Unmanned Aerial Vehicle to Locate Alligator Nests**. 2016. Southeastern Naturalist, Vol. 15, No. 1.

EZEQUIEL, C. A. F.; CUA, M.; LIBATIQUE, N.; TANGONAN, G. L.; ALAMPAY, R.; LABUGUEN, R. T.; FAVILA, C. M.; HONRADO, J. L. E. et al. **UAV Aerial Imaging Applications for Post-Disaster Assessment, Environmental Management and Infrastructure Development**. 2014. 2014 International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS). Orlando, FL, USA.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GORTNEY, W. E. **US department of defense dictionary of military and associated terms**. 2010. Federation Of American Scientists.

HAUSAMANN, D.; ZIRNIG, W.; SCHREIER, G.; STROBL, P. 2005. **Monitoring of gas pipelines – a civil UAV application**. Aircraft Engineering and Aerospace Technology, Vol. 77 Iss 5 pp. 352 – 360.

IRIZARRY, J.; GHEISARI, M.; WALKER, B. N. **Usability Assessment of Drone Technology as Safety Inspection Tools**. 2012. Journal of Information Technology in Construction (ITcon), Vol. 17, pg. 194-212.

KANISTRAS, K.; MARTINS, G.; RUTHERFORD, M. J.; VALAVANIS, K.P. **A Survey on UAVs for Traffic Monitoring**. 2013. 2013 International Conference on Unmanned Aircraft Systems.

LONGHITANO, G. A. **VANTs para sensoriamento remoto: aplicabilidade na avaliação e monitoramento de impactos ambientais causados por acidentes com cargas perigosas**. (2010). Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Transportes. São Paulo, Brasil.

MARTIN, J.; EDWARDS, H. H.; BURGESS, M. A.; PERCIVAL, H. F.; FAGAN, D. E.; GARDNER, B. E. et al. **Estimating Distribution of Hidden Objects with Drones: From Tennis Balls to Manatees**. 2012. PLoS ONE 7(6): e38882. doi:10.1371/journal.pone.0038882

MARTINS, L. M.; CASTRO, J. P.; BENTO, R.; SOUSA, J. J. **Monitorização da condição fitossintática do castanheiro por fotografia aérea obtida com aeronave não tripulada**. 2015. Revista Ciências Agrárias, 2015, 38 (2): 184-190.

MEDEIROS, F. A.; ALONÇO, A. S.; BALESTRA, M. R. G.; DIAS, V. O.; LANDERHAL JUNIOR, M. L. **Utilização de veículo aéreo não-tripulado em atividades de imageamento georeferenciado**. 2008. Ciência Rural, Vol. 38.

NEDJATI, A.; VIZVARI, B.; IZBIRAK, G. **Post-earthquake response by small UAV helicopters**. 2015. Springer Science+Business Media Dordrecht 2015.

NIKOLIC, J., BURRI, M., REHDER, J., LETUTENEGGER, S., HUEZELER, C., SIEGWART, R. **A UAV System for Inspection of Industrial Facilities**. 2013. 2013 IEEE Aerospace Conference. Big Sky, MT, United States of America.

NONAMI, K. **Prospect and Recent Research & Development for Civil Use Autonomous Unmanned Aircraft as UAV and MAV**. 2007. Journal of System Design and Dynamics, Vol. 1, N° 2, 2007.

PING, J. T. K.; LING, A. E.; QUAN, T. J.; DAT, C. Y. **Generic Unmanned Aerial Vehicle (UAV) for civilian application: A feasibility assessment and market survey on civilian application for aerial imaging**. 2012. 2012 IEEE Conference on Sustainable Utilization and Development in Engineering and Technology (STUDENT). Kuala Lumpur, Malaysia

SUZUKI, T.; MIYOSHI, D.; MEGURO, J.; AMANO, Y.; HASHIZUME, T.; SATO, K.; TAKIGUCHI, J. **Real-time Hazard Map Generation Using Small Unmanned Aerial Vehicle**. 2008. SICE Annual Conference 2008. The University Electro-Communications, Japan.