



**FÁBIO DE BORBA SANCHOTENE**

**MONITORAMENTO DE EMISSÕES AMBIENTAIS COM O EMPREGO  
DE LIDAR - ESTUDO DE CASO EM TUBARÃO - ES**

**Ouro Preto, MG**

**2022**

**FÁBIO DE BORBA SANCHOTENE**

**MONITORAMENTO DE EMISSÕES AMBIENTAIS COM O EMPREGO  
DE LIDAR - ESTUDO DE CASO EM TUBARÃO - ES**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Instituto Tecnológico Vale, como parte dos requisitos para obtenção do título de especialista em Automação para Processos de Mineração.

Orientadora: Rosa Elvira Pabon

**Ouro Preto, MG  
2022**

Título: Monitoramento de emissões ambientais com o emprego de LiDAR - estudo de caso em Tubarão - ES

**Classificação:** ( ) Confidencial ( ) Restrita ( X ) Uso Interno ( ) Pública

**Informações Confidenciais** - Informações estratégicas para o Instituto e sua Mantenedora. Seu manuseio é restrito a usuários previamente autorizados pelo Gestor da Informação.

**Informações Restritas** - Informação cujo conhecimento, manuseio e controle de acesso devem estar limitados a um grupo restrito de empregados que necessitam utilizá-la para exercer suas atividades profissionais.

**Informações de Uso Interno** - São informações destinadas à utilização interna por empregados e prestadores de serviço.

**Informações Públicas** - Informações que podem ser distribuídas ao público externo, o que, usualmente, é feito através dos canais corporativos apropriados.

#### **Dados Internacionais de Catalogação na Publicação(CIP)**

S189m

Sanhotene, Fabio de Borba

Monitoramento de emissões ambientais com o emprego de LiDAR - estudo de caso em Tubarão - ES. Fabio de Borba Sanhotene... [et al.] - Ouro Preto, MG: ITV, 2022.

79 p.: il.

Monografia (Especialização latu sensu) - Instituto Tecnológico Vale, 2022.  
Orientadora: Rosa Elvira Correa Pabon

1. LiDAR. 2. Monitoramento Ambiental. 3. Particulado em Suspensão. 4. Mapas de Concentração. I. Pabon, Rosa Elvira Correa. II. Título.

CDD.23. ed. 629.82

**Fábio de Borba Sanchotene**

**SISTEMA LIDAR DE SENSORIAMENTO A LASER APLICADO À  
INICIATIVAS E SISTEMAS DE MONITORAMENTO DE EMISSÕES  
AMBIENTAIS – ESTUDO DE APLICAÇÃO EM TUBARÃO-ES**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Instituto Tecnológico Vale, como parte dos requisitos para obtenção do título de especialista *lato sensu* em [Automação para Processos de Mineração].

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> D.Sc. Rosa Elvira Correa Pabón

Trabalho de conclusão de curso defendido e aprovado em 12 de dezembro de 2022 pela banca examinadora constituída pelos professores:

---

Prof.<sup>a</sup> D.Sc. Rosa Elvira Correa Pabón  
Orientadora – Instituto Tecnológico Vale (ITV)

---

Prof. D.Sc. Gustavo Pessin  
Membro interno – Instituto Tecnológico Vale (ITV)

---

Prof.<sup>a</sup> D.Sc. Keyla Thayrinne Oliveira Coimbra  
Membro interno – Instituto Tecnológico Vale (ITV)

Os Signatários declaram e concordam que a assinatura será efetuada em formato eletrônico. Os Signatários reconhecem a veracidade, autenticidade, integridade, validade e eficácia deste Documento e seus termos, nos termos do art. 219 do Código Civil, em formato eletrônico e/ou assinado pelas Partes por meio de certificados eletrônicos, ainda que sejam certificados eletrônicos não emitidos pela ICP-Brasil, nos termos do art. 10, § 2º, da Medida Provisória nº 2.200-2, de 24 de agosto de 2001 (“MP nº 2.200-2”).



## PROTOCOLO DE ASSINATURA(S)

O documento acima foi proposto para assinatura digital na plataforma Portal de Assinaturas Vale. Para verificar as assinaturas clique no link: <https://vale.portaldeassinaturas.com.br/Verificar/8F60-A26C-3464-202E> ou vá até o site <https://vale.portaldeassinaturas.com.br:443> e utilize o código abaixo para verificar se este documento é válido. The above document was proposed for digital signature on the platform Portal de Assinaturas Vale . To check the signatures click on the link: <https://vale.portaldeassinaturas.com.br/Verificar/8F60-A26C-3464-202E> or go to the Website <https://vale.portaldeassinaturas.com.br:443> and use the code below to verify that this document is valid.

Código para verificação: 8F60-A26C-3464-202E



### Hash do Documento

B8D78F826148B0CE85D2D91B2A782E27DD69A5C30C79E1C40B174BF5A91479E5

O(s) nome(s) indicado(s) para assinatura, bem como seu(s) status em 13/02/2023 é(são) :

- Keyla Thayrinne Oliveira Coimbra (Signatário) - em 08/01/2023 17:38 UTC-03:00  
**Tipo:** Assinatura Eletrônica  
**Identificação:** Por email: [keyla.thayrinne@pq.itv.org](mailto:keyla.thayrinne@pq.itv.org)

### Evidências

**Client Timestamp** Sun Jan 08 2023 17:38:39 GMT-0300 (Horário Padrão de Brasília)  
**Geolocation** Latitude: -21.2077954 Longitude: -47.7736313 Accuracy: 1122.4345646234756  
**IP** 189.38.216.102  
**Hash Evidências:**  
174E0A3FDAD151BC1D9A387D08419E30AD2590772646152C1F978B1AC59543FA

- Gustavo Pessin (Signatário) - 939.084.900-49 em 03/01/2023 08:25 UTC-03:00  
**Tipo:** Assinatura Eletrônica  
**Identificação:** Por email: [gustavo.pessin@itv.org](mailto:gustavo.pessin@itv.org)

### Evidências

**Client Timestamp** Tue Jan 03 2023 08:26:06 GMT-0300 (Horário Padrão de Brasília)  
**Geolocation** Latitude: -19.9589087 Longitude: -43.9349955 Accuracy: 14.346  
**IP** 177.205.131.145  
**Hash Evidências:**  
76D4AFD7F21D27A6CB1E838E6EFB9A79D567D79440A758675DC7B09993E4C1F1

- Rosa Elvira Correa Pabón (Signatário) - em 02/01/2023 17:58 UTC-03:00

**Tipo:** Assinatura Eletrônica

**Identificação:** Por email: rosa.correa@itv.org

### Evidências

**Client Timestamp** Mon Jan 02 2023 17:58:37 GMT-0300 (Hora padrão de Brasília)

**Geolocation** Location not shared by user.

**IP** 189.47.41.190

**Hash Evidências:**

76CE6E5FAEEEB01E0AE8CD7BB72C186DCAC43F903A4E39F7E93BB65BFFBC6EE



Alguns homens vêem as coisas como são, e dizem 'Por quê?' Eu sonho com as coisas que nunca foram e digo 'Por que não?'

George Bernard Shaw

## RESUMO

Este documento contempla os resultados dos estudos que buscaram a pesquisa de casos reais de utilização de sistemas aplicados ao Monitoramento Ambiental utilizando-se da tecnologia de Light Detection and Ranging – LiDAR como fonte primária de medição e consequente obtenção matemática das concentrações de material particulado presentes na atmosfera dos arredores de diversas áreas de produção industrial de larga escala ou grandes cidades avaliadas em diferentes trabalhos de referência. A aplicação desta tecnologia permite a identificação de particulado em suspensão no ar por detecção direta, permitindo, também, que seja traçado um “perfil” de espalhamento do material particulado presente, mesmo quando estão presentes em longas distâncias do sensor, formando mapas de concentração que permitem a identificação facilitada de sua origem, em muitos casos. Neste trabalho, são apresentadas informações iniciais da tecnologia, exemplos de aplicação similares em diferentes trabalhos e a construção de uma proposta de aplicação industrial para uma das unidades da Vale S.A.

**Palavras-Chave:** LiDAR. Monitoramento Ambiental. Particulado em Suspensão. Mapas de Concentração.

**Fase da Cadeia:** Meio ambiente.



## **ABSTRACT**

This document includes the results of studies that sought to research real cases of use of systems applied to Environmental Monitoring using the Light Detection and Ranging - LiDAR technology as a primary source of measurement and consequent mathematical obtaining of the concentrations of particulate matter present in the atmosphere of the neighboring of several large-scale industrial production areas or large cities evaluated in different reference works. The application of this technology allows the identification of particulates suspended in the air by direct detection, also allowing a "profile" of the spreading of the particulate material present to be traced, even when they are present at long distances from the sensor, forming concentration maps that allow the easy identification of their origin, in many cases. In this work, initial information of the technology is presented, so as many other examples of similar application in different papers and the construction of a proposal for industrial application to be applied for one of Vale S.A.'s units

**Keywords:** LiDAR. Environmental monitoring. Suspended particulates. Concentration maps.