

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CÂMPUS LONDRINA
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL**

BÁRBARA DE OLIVEIRA GABRIEL

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO AR EM AMBIENTE INTERNO:
ESTUDO DE CASO EM EMPRESA DE FUNDIÇÃO E USINAGEM NO NORTE DO
PARANÁ**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**LONDRINA
2018**

BÁRBARA DE OLIVEIRA GABRIEL

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO AR EM AMBIENTE INTERNO:
ESTUDO DE CASO EM EMPRESA DE FUNDIÇÃO E USINAGEM NO NORTE DO
PARANÁ**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Superior de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Londrina, para o título de bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientadora: Prof(a). Dr(a). Kátia Valéria Marques Cardoso Prates

Coorientadora: Prof(a). Dr(a). Joseane Debora Peruço Theodoro

LONDRINA

2018



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Londrina
Coordenação de Engenharia Ambiental



TERMO DE APROVAÇÃO

Avaliação da qualidade do ar em ambiente interno:

Estudo de caso em empresa de fundição e usinagem no norte do Paraná

por

Bárbara de Oliveira Gabriel

Monografia apresentada no dia 06 de setembro de 2018 ao Curso Superior de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Londrina. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho APROVADO.

Prof. Dr. Aulus Roberto Romão Binelli
(UTFPR)

Prof^a Isabela Bruna de Tavares Machado Bolonhesi
(UTFPR)

Profa. Dra. Kátia Valéria Marques Cardoso Prates
(UTFPR)
Orientadora

Profa. Dra. Edilaine Regina Pereira
Responsável pelo TCC do Curso de Eng. Ambiental

A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso.

Dedicado à minha família, de sangue e de coração, que se fizeram porto seguro.

AGRADECIMENTOS

Grata primeiramente à Deus, que se fez onipotente e onipresente durante todo meu percurso acadêmico, me fazendo mais forte e me ensinando a compreender Seu tempo e Suas vontades.

Eterna gratidão à minha família, em especial, mãe, vó e irmão, pelas orações em meu favor e, pela determinação e luta em me proporcionar condições de chegar até aqui. Tudo isso foi por vocês.

À minha orientadora Kátia Valéria Marques Cardoso Prates, e coorientadora Joseane Debora Peruço Theodoro, pela confiança em meu trabalho, pela paciência e pelo suporte necessário durante esta jornada.

Aos meus amigos, que se tornaram uma segunda família, um muito obrigado especial, pelos sorrisos, pelo ombro e pela mão estendida nos altos, baixos e subterrâneos. Camila, Beatriz, Andressa, Thaís, Gabriela, Will, Bruno, que acreditaram mais em mim do que eu mesma, que me disseram “tudo bem se você não conseguir hoje, amanhã você tenta de novo”, nenhum tipo de agradecimento será suficiente.

Aos meus colegas de laboratório, Janaína, que abdicou de dias das suas férias para me acompanhar e Edgar, que sempre se mostrou solícito.

À indústria metal-mecânica que gentilmente disponibilizou seu espaço para que eu pudesse desenvolver minha pesquisa.

À universidade que me permitiu crescer pessoal e profissionalmente durante estes 5 anos.

Aos membros da banca examinadora, Isabela e Aulus, pela disponibilidade e enriquecimento na versão final desta monografia.

E a todos que de alguma forma, seja por abraços encorajadores, mensagens positivas ou boas vibrações, estiveram presentes nesta fase final.

RESUMO

GABRIEL, B. A. **Avaliação da qualidade do ar em ambiente interno: Estudo de caso em empresa de fundição e usinagem no norte do Paraná.** 2018. 86f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2018.

No Brasil, o estudo da qualidade do ar de ambientes internos vem ganhando cada vez mais visibilidade, sendo uma área complexa que abrange o envolvimento de profissionais de várias disciplinas. O setor metal mecânico é uma área bastante representativa no Brasil, mas que apresenta um ambiente de trabalho com condições preocupantes aos funcionários devido às altas temperaturas e emissão de poluentes. O objetivo deste trabalho foi analisar as condições do ambiente interno dos setores de fundição e usinagem de uma metal-mecânica, de modo a avaliar se há interferência na produtividade e saúde dos ocupantes. Foram avaliados os seguintes parâmetros: temperatura e umidade relativa do ar, que determinam conforto térmico, concentração de CO₂ e concentração de fungos e bactérias, que estabelecem a qualidade microbiológica do ar interno. A técnica utilizada para amostragem de fungos e bactérias foi por Sedimentação Espontânea (exposição por 10 minutos), enquanto os parâmetros de temperatura, umidade e concentração de CO₂ foram por meio do aparelho portátil Analisador de CO₂ (leitura direta). O setor de usinagem teve 8 pontos amostrados, mais um ponto externo e o setor de fundição 5 pontos amostrados, mais um externo. A coleta de dados foi realizada no mês de Maio de 2018, no dia 14/05 (segunda-feira) e dia 18/05 (sexta-feira) compreendendo amostragens nos períodos da manhã e tarde. Como não há legislação vigente para ambientes internos sem climatização que determine os limites máximos permissíveis para os parâmetros analisados, a Resolução (RE) nº 09 de 2003 da ANVISA foi utilizada como base para análise dos dados, enquanto para bactérias foi utilizada a NT-SCE-02. Como resultados finais, considerando os parâmetros de conforto, a concentração de CO₂ apresentou valores abaixo de 1.000 ppm proposto pela ANVISA em ambos os setores, os valores de temperatura excederam a faixa admitida em todos os períodos da tarde dos setores de fundição e de usinagem, implicando no bem-estar dos funcionários e conseqüentemente, em sua produtividade, enquanto a umidade se manteve dentro da faixa, mostrando-se adequada. Em relação aos parâmetros microbiológicos, os valores de UFC/m³ para fungos, permaneceram dentro das 750 UFC/m³ estipulados pela norma, com exceção do ponto PF5 no dia 18/05. As bactérias apresentaram valores acima dos 500 UFC/m³ estabelecido pela NT-SCE-02 em ambos os setores, com destaque para o setor de usinagem. Quanto à identificação de fungos filamentosos, houve predominância de 36% do gênero *Aspergillus sp.*

Palavras chaves: condições ambientais; contaminantes atmosféricos; indústria metal-mecânica; microbiologia do ar.

ABSTRACT

GABRIEL, B. O. **Air Quality Assessment In The Internal Environment: Case Study In Foundry And Molding Company In North Of Paraná.** 2018. 57f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2018.

In Brazil, the study of indoor air quality has been gaining more and more visibility, being a complex area that involves professionals from various disciplines. The metalworking sector is a very representative area in Brazil, but it presents a working environment with worrying conditions for employees due to high temperatures and emission of pollutants. The objective of this work was to analyze the conditions of the internal environment of the foundry and metal-mechanic machining sectors, in order to evaluate if there is interference in the productivity and health of the occupants. The following parameters were evaluated: temperature and relative humidity, which determine thermal comfort, concentration of CO₂ and concentration of fungi and bacteria, establishing the microbiological quality of the indoor air. The technique used for sampling fungi and bacteria was by Spontaneous Sedimentation (exposure for 10 minutes), while the parameters of temperature, humidity and CO₂ concentration were by means of the portable CO₂ analyzer (direct reading). Data collection was carried out in May 2018, on 05/14 (Monday) and 05/18 (Friday), including sampling in the morning and afternoon. As there is no current legislation for indoor environments without air conditioning that determines the maximum permissible limits for the parameters analyzed, ANVISA RE 09 of 2003 was used as a basis for data analysis, while NT-SCE-02 was used for bacteria. As final results, considering the comfort parameters, the concentration of CO₂ presented values below 1.000 ppm proposed by ANVISA in both sectors, the temperature values exceeded the admitted range in all the afternoon periods of the Casting and Machining sectors, implying in the well-being of the employees and consequently in their productivity, while the humidity remained within the range, proving adequate. Regarding the microbiological parameters, the values of CFU/m³ for fungi, remained within the 750 CFU/m³ stipulated by the standard, except for the PF5 point on 05/18. The bacteria presented values above 500 CFU/m³ established by the NT-SCE-02 in both sectors, with emphasis on the Machining sector. As for the identification of filamentous fungi, there was predominance of 36% of the genus *Aspergillus sp.*

Keywords: Environmental conditions; atmospheric contaminants; metal-mechanical industry; microbiology of air.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Categorias de atividades no complexo metal mecânico	20
Figura 2 – Dinâmica de deposição das partículas referentes a seu diâmetro	30
Figura 3 – Layout da indústria onde foi realizada a coleta de dados.....	37
Figura 4 – Croqui simplificado do setor de Usinagem com os pontos amostrais	39
Figura 5– Croqui simplificado do setor de Fundição com os pontos amostrais.....	39
Figura 6– Alguns pontos amostrais no setor de Usinagem	40
Figura 7 – Alguns pontos amostrais no setor de Fundição	40
Figura 8 – Analisador de CO ₂ , temperatura e umidade utilizado para coleta de dados	41
Figura 9 – Metodologia desenvolvida para as análises microbiológicas de bactérias e fungos	46
Figura 10 – Resultados da técnica de esgotamento em algumas colônias de bactérias.....	47
Figura 11 – Crescimento das colônias bacterianas nos tubos de ensaio com meio inclinado	47
Figura 12 – Ordem de processos para coloração de Gram seguida de observação no microscópio	48
Figura 13 – Crescimento fúngico nos tubos de ensaio com ágar inclinado.....	49
Figura 14 – Sistema de microcultivo para fungos filamentosos.....	50
Figura 15 – Resultado do microcultivo mostrando o crescimento fúngico após período de incubação	50
Figura 16 – Comparação entre os períodos e dias de amostragem no setor de Fundição.....	55
Figura 17 – Comparação entre os períodos e dias de amostragem no setor de Usinagem	56
Figura 18 – Dados de temperatura e umidade relativa do setor de Fundição (14/05)	57
Figura 19 – Dados de temperatura e umidade relativa do setor de Fundição (18/05)	58
Figura 20 – Dados de temperatura e umidade relativa do setor de Usinagem (14/05)	59

Figura 21 – Dados de temperatura e umidade relativa no setor de Usinagem (18/05)	59
Figura 22 – Valores de IBTUG para determinação de período de descanso	61
Figura 23 – Placas com crescimento bacteriano no setor de Usinagem	63
Figura 24 – Placas com crescimento bacteriano no setor de Fundição	63
Figura 25 – Quantificação das UFCs/m ³ no setor de Fundição	64
Figura 26 – Quantificação das UFCs/m ³ no setor de Usinagem	65
Figura 27 – Aparência microscópica dos isolados classificados como sendo Gram positivo	68
Figura 28 – Aparência microscópica dos isolados classificados como sendo Gram negativo	68
Figura 29 – Placas após crescimento de fungos no setor de Usinagem	69
Figura 30 – Placas após crescimento de fungos no setor de Fundição	69
Figura 31– Quantificação das UFCs/m ³ no setor de Fundição	70
Figura 32 – Quantificação das UFCs/m ³ no setor de Usinagem	71
Figura 33– Alguns dos gêneros identificados no setor de Usinagem	74
Figura 34 – Alguns dos gêneros identificados no setor de Fundição	74
Figura 35 – Colônias de fungos filamentosos não identificados	75

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Classificação dos poluentes atmosféricos.....	25
Quadro 2 – Principais sintomas relacionados à SED	27
Quadro 3 – Fontes típicas de poluição em ambientes fechados	28
Quadro 4 – Estratégia de amostragem	38
Quadro 5 – Classificação dos tipos de atividade.....	42
Quadro 6 – Período de descanso relacionado ao tipo de atividade e valor de IBTUG	43
Quadro 7 – Valores de IBTUG para cada setor, período e data de coleta	61
Quadro 8 – Caracterização morfológica das bactérias isoladas.....	67
Quadro 9 – Identificação dos fungos presentes nos setores de amostragem	73

LISTA DE TABELAS

Tabela 1– Concentração máxima de contaminantes biológicos.....	34
Tabela 2 – Parâmetros de contaminantes e seus respectivos VPM conforme RE da ANVISA nº09.....	34
Tabela 3 – Classificação dos objetos de estudo de acordo com o Quadro I da NR 4	36
Tabela 4 – Dados coletados no setor de Fundição no dia 14 de maio.....	52
Tabela 5 – Dados coletados no setor de Usinagem no dia 14 de maio	53
Tabela 6 – Dados coletados no setor de Fundição no dia 18 de maio.....	53
Tabela 7 – Dados coletados no setor de Usinagem no dia 18 de maio	54
Tabela 8 – Síntese dos parâmetros analisados de acordo com a RE da ANVISA nº09/03.....	60
Tabela 9 – Número de UFC/m ³ na primeira e segunda coletas nos setores de Fundição e Usinagem	64
Tabela 10 – Resultados do isolamento quanto à caracterização e morfologia das bactérias.....	68
Tabela 11 – Número de UFC/m ³ na primeira e segunda coletas no setor de Fundição e Usinagem	70
Tabela 12 – Relação I/E de acordo com setor, período e dia de amostragem.....	72

LISTA DE SIGLAS

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária

ASHARAE - American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers

BRI - Building Related Illness

CNAE - Classificação Nacional de Atividades Econômicas

CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente

CNC - Comando Numérico Computacional

CO - Monóxido de Carbono

CO₂ - Dióxido de Carbono

COSVs - Compostos Orgânicos Semi-voláteis

COVsT - Compostos Orgânicos Voláteis Totais

EPA - Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos

EUA - Estados Unidos da América

ETS - Environmental Tobacco Smoke

GR - Grau de Risco

IBTUG - Índice de Bulbo Úmido Termômetro de Globo

LADETEC - Laboratório de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico

LAGA - Laboratório de Aerossóis e Gases Atmosféricos

MP - Material Particulado

NR- Norma Regulamentadora

OMS - Organização Mundial Da Saúde

PDA - Potato Dextrose Agar

PMOC - Plano de Manutenção, Operação e Controle

PNMA - Política Nacional do Meio Ambiente

PCA - Plate Count Agar

PROCONVE - Programa de Controle de Poluição do Ar por veículos Automotores

PRONAR - Programa Nacional de Controle e Qualidade do Ar

QAI - Qualidade de Ambientes Internos

SDE - Síndrome dos Edifícios Doentes

VMA - Valores Máximos Aceitáveis

VMP - Valores Máximos Permitidos

VMR - Valor Máximo Recomendável

TBN - Temperatura de Bulbo Úmido Natural

TG - Temperatura de Globo

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	17
2 OBJETIVOS	19
2.1 OBJETIVO GERAL	19
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
3 REFERENCIAL TEÓRICO	20
3.1 O COMPLEXO METAL MECÂNICO	20
3.1.1 Processos da metalurgia	21
3.1.1.1 Usinagem	21
3.1.1.2 Fundição.....	22
3.2 QUALIDADE DE AMBIENTES INTERNOS NO BRASIL.....	22
3.3 AMPLITUDE DO PROBLEMA DA MÁ QUALIDADE DO AR EM AMBIENTES INTERNOS.....	24
3.4 CONTAMINANTES	27
3.4.1 Contaminantes Químicos	28
3.4.1.1 Dióxido de Carbono (CO ₂).....	28
3.4.2 CONTAMINANTES FÍSICOS	29
3.4.3 Contaminantes biológicos	31
3.5 MEDIDAS DE CONTROLE E PREVENÇÃO DE CONTAMINANTES.....	32
3.6 PARÂMETROS DE CONTAMINANTES E SEUS VPMs.....	33
4 MATERIAL E MÉTODOS	36
4.1 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL	36
4.2 DETERMINAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE CONFORTO.....	40
4.2.1 Determinação da concentração de CO ₂ , umidade relativa e temperatura.....	40
4.2.2 Determinação do IBTUG	41
4.3 DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS MICROBIOLÓGICOS	43
4.3.1 Meios de cultura	43
4.3.2 Amostragem Passiva.....	44
4.4 ANÁLISE LABORATORIAL.....	45
4.4.1 Isolamento e Análise Morfotintorial das colônias de bactérias	46
4.4.2 Identificação de fungos filamentosos	48
4.5 CAMPANHA DE AMOSTRAGEM	51
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	52
5.1 CONDIÇÕES DE CONFORTO	52

5.1.1 Concentração de CO ₂	54
5.1.2 Temperatura e umidade relativa.....	57
5.2 DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS MICROBIOLÓGICOS	62
5.2.1 Bactérias	62
5.2.2 Fungos filamentosos	69
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	76
REFERÊNCIAS.....	77
APÊNDICE I – IDENTIFICAÇÃO DE FUNGOS FILAMENTOSOS	84

1 INTRODUÇÃO

Estima-se que grande parte da população passe cerca de 90% do seu tempo em ambientes fechados, seja em casa, no trabalho ou nas escolas (ISAIQ-CIB TG42, 2004). A busca pela garantia de um ambiente mais confortável e eficiente no consumo de energia levou ao investimento em projetos de construção de edifícios com vedação térmica, objetivando uma menor troca de ar com o ambiente externo, juntamente com uma gama de produtos usados para forração, acabamento e mobília (NASCIMENTO, 2011; BRICKUS e AQUINO NETO, 1999).

A combinação desses fatores resultou no aumento de poluentes no ar interno, que em paralelo às atividades executadas pelos ocupantes e à higienização e manutenção do local, pode ser considerado um ambiente mais contaminado que o externo (LEE, 2006). Dessa forma, começaram a surgir queixas de desconforto como cefaleia, náuseas, congestão nasal, falta de ar, problemas oculares, dores musculares e sintomas neurológicos, relacionadas às condições dos edifícios, vindo a ser reconhecido pela Organização Mundial da Saúde (OMS) como Síndrome dos Edifícios Doentes (SDE), um problema de saúde pública (BRICKUS e AQUINO NETO, 1999).

A área que estuda a Qualidade de Ambientes Internos (QAI) é chamada de “*Indoor Air Quality*”, e é recente no mundo como um todo. O banco de dados referente a esses estudos competem basicamente à Europa e Estados Unidos da América (EUA). O desenvolvimento de estudos da QAI no Brasil e sua importância no âmbito da saúde pública vêm ganhando espaço nas últimas duas décadas, estabelecendo-se uma inter-relação disciplinar entre profissionais da área de química, microbiologia, engenharia, arquitetura e toxicologia para atender a demanda de fatores que o estudo envolve (BRICKUS e AQUINO NETO, 1999).

Com o intuito de diminuir os efeitos da ação dos poluentes atmosféricos no Brasil, tem-se como primeiras iniciativas a criação da Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) Lei nº 6.938/81 que tem por objetivo a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida (BRASIL, 1981). Mas especificamente tratando da questão da poluição do ar foram estabelecidas outras Leis, como as Resoluções do CONAMA 018/86 que dispõe sobre a criação Programa de Controle de Poluição do Ar por veículos Automotores (PROCONVE)

(BRASIL, 1986), CONAMA 005/89 que constitui o Programa Nacional de Controle e Qualidade do Ar (PRONAR) (BRASIL, 1989) e CONAMA 003/90 que estabelece os padrões primários e secundários de qualidade do ar (BRASIL, 1990).

De acordo com Schirmer et al. (2011) como principal fonte de contaminantes do ar interno está o ar externo, onde se encontram poluentes físicos, químicos e biológicos, tendo-se como agentes contaminantes de origem não biológica (monóxido de carbono, dióxido de carbono, óxidos de nitrogênio, dióxido de enxofre, material particulado, fumaça de cigarro e compostos orgânicos voláteis e semi-voláteis) e biológica (fungos, bactérias, vírus, ácaros, pólen, etc), chamados de bioaerossóis.

A legislação brasileira (BRASIL, 2003) propõe apenas limites aceitáveis de contaminação microbiológica para fungos em relação à qualidade do ar interior em ambientes climatizados artificialmente de uso público e privado, estabelecendo um valor máximo recomendável (VMR) de ≤ 750 UFC/m³, ou ainda que a relação entre a quantidade de fungos no ambiente interno/quantidade de fungos no ambiente externo (I/E) não ultrapasse o valor de 1,5. Relacionado à contaminação por bactérias, ainda não há legislação vigente no Brasil, porém, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA nº 09 (BRASIL, 2003) define como possíveis fontes, os reservatórios com água parada, torres de resfriamento, umidificadores e superfícies úmidas e quentes.

O complexo metal mecânico é um setor de grande representatividade na economia do país, porém, alguns processos inseridos neste setor, como a usinagem e a fundição, são objetos de preocupação quando trata-se da qualidade do ar do ambiente interno e da saúde dos funcionários. A exposição à temperatura elevada, umidade alta e contato com o fluido de corte seja em sua forma líquida ou gasosa, são consequências às quais os trabalhadores estão expostos, nos setores de fundição e usinagem respectivamente, e podem afetar a qualidade do ar interior, e a produtividade no ambiente de trabalho (TEIXEIRA, 2007; HERZER, 1997).

Baseado no exposto, este trabalho buscou avaliar a qualidade do ar interno dos setores de fundição e de usinagem e do ar externo de uma indústria metal-mecânica, de forma a quantificar os parâmetros de contaminação biológica, conforto térmico e concentração de CO₂, comparando com a legislação em vigência.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a qualidade do ar interno dos setores de fundição e de usinagem e do ar externo de uma indústria metal-mecânica.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar os parâmetros de conforto térmico (temperatura e umidade relativa do ar) e concentração de CO₂ no ambiente interno dos setores e no ambiente externo;
- Avaliar a qualidade microbiológica do ar interno dos setores de fundição e usinagem e do ar externo, por meio da determinação da concentração de bactérias e fungos;
- Estabelecer relação entre a qualidade do ar do ambiente interno (QAI) e a saúde dos funcionários do local;
- Verificar se os resultados estão de acordo com os valores de referência estabelecidos pela RE da ANVISA nº 09/03.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

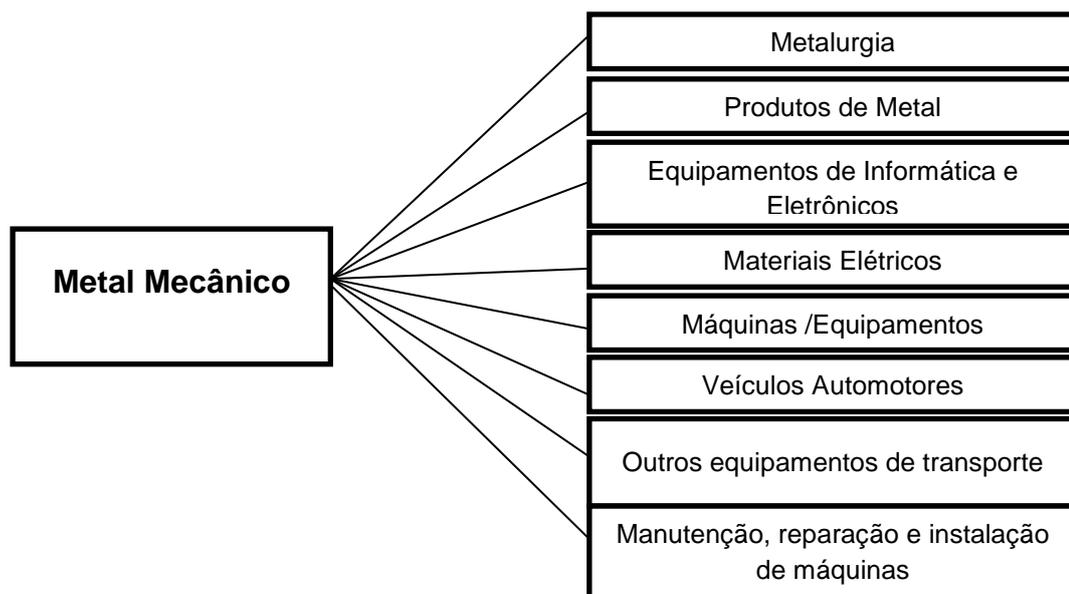
3.1 O COMPLEXO METAL MECÂNICO

Entende-se por complexo metal mecânico o “conjunto de setores de atividades econômicas que usa conhecimentos e técnicas relacionados, para tratar de produção e processamento, utilizando metais e seus derivados” (CHEQUIN, 2011, p. 30), e faz parte da indústria de transformação. Estas atividades envolvem a utilização de ferro, alumínio e outros metais que passarão para artefatos compostos, como ligas metálicas e aço.

Como base deste complexo, encontra-se a indústria siderúrgica, responsável pela fabricação de produtos metalúrgicos, chegando à indústria automobilística, indústria naval, e à fabricação de máquinas e equipamentos (FIEP, 2012). A Figura 1 apresenta um fluxograma das diversas categorias de atividades que se enquadram no complexo metal mecânico.

No Brasil, este setor tem grande representatividade economicamente, com cerca de 78,3 mil estabelecimentos, que correspondente à 25% do total da indústria de transformação no Brasil, destacando-se as regiões sul e sudeste do país (FIERGS, 2015).

Figura 1 - Categorias de atividades no complexo metal mecânico



Fonte: Adaptado (BIAZEBETE; LIMA; VICENTE, 2014).

3.1.1 Processos da metalurgia

A metalurgia é um setor que abrange a conversão de minérios ferrosos e não ferrosos em bens metalúrgicos por meio de processos térmicos, eletrometalúrgicos e outras técnicas de processamento para alcance de produtos intermediários (FIEP, 2012). São processos da metal-mecânica, a fabricação de ligas, modelagem, tratamento térmico e tratamento superficial do metal (MECÂNICA INDUSTRIAL, 2017).

Os metais são moldados por meio dos processos de: usinagem, fundição, forjamento, revestimento a laser, extrusão, sinterização, fabricação e laminação a frio (MECÂNICA INDUSTRIAL, 2017).

3.1.1.1 Usinagem

A operação que determina à peça: forma, dimensões e acabamento superficial por meio da remoção de material sob a forma de cavaco (porção do material que apresenta forma irregular e, portanto, é retirado da peça inicial) é chamada de usinagem. Este processo é considerado de suma importância na indústria metal mecânica, pois é fundamental para melhoria da qualidade superficial das peças e está presente em 90% dos componentes da indústria aeroespacial e em 70% das engrenagens para transmissão de potência (STOETERAU, 2003).

Este processo faz uso de fluido de corte com o intuito refrigerar e reduzir o atrito entre as superfícies, ampliando a vida útil da ferramenta, diminuindo a geração de calor no decorrer do processo, contribuindo para a retirada dos cavacos e otimizando o rendimento da produção. Entretanto, o fluido de corte é considerado um risco em potencial para o meio ambiente e saúde dos operadores, considerando sua mudança de composição durante a usinagem (OLIVEIRA e ALVES, 2007).

Segundo Teixeira (2007) e Oliveira e Alves (2007), o impacto ambiental referente ao fluido de corte pode se dar por meio de vazamentos no seu armazenamento e transporte, contaminação atmosférica por geração de vapores quando fluido entra em contato com a superfície quente e em movimento. Enquanto os riscos à saúde dos trabalhadores apresentam-se sob forma doenças pulmonares, irritação na pele e até câncer, sendo que o fluido de corte composto por óleo integral é apontado como o mais agressivo.

Um estudo realizado por Souza (2014) em um Centro de Usinagem com o intuito de avaliar a qualidade do ar interno da máquina-ferramenta, destaca o fluido de corte concentrado e posteriormente diluído em água para a montagem de lubri-refrigerantes como um meio conveniente para o crescimento de bactérias e fungos, influenciando diretamente na saúde dos funcionários expostos a este.

3.1.1.2 Fundição

O processo de fundição é dito como um procedimento onde uma cavidade com dimensões e formas determinadas às peças a serem obtidas, recebe o metal líquido inicial. As peças finais apresentam formas quase que definitivas e com limitações de tamanho, formato e complexidade mínimas, que variam de acordo com as dimensões dos moldes (CORRÊA, 2009).

Neste processo há o desprendimento de gases principalmente nas ligas ferro-carbono, onde o oxigênio dissolvido presente no ferro tende a se combinar com o carbono presente, dando origem ao monóxido de carbono (CO) e dióxido de carbono (CO₂). A partir de então, enquanto a liga estiver líquida, os gases estarão suscetíveis ao escape para atmosfera (IFSC, 2012). No caso da metal-mecânica em questão, são utilizados como matéria do forno: ferro gusa, briquet de ferro fundido, sucata, retorno e carburante, trabalhando com ferro fundido cinzento e nodular (dados cedidos pela empresa).

De acordo com Herzer (1997), os riscos ambientais são compostos pelos agentes físicos, químicos, biológicos, mecânicos e ergonômicos que estão presentes no ambiente de trabalho, de forma que possam causar prejuízos à saúde dos trabalhadores expostos, em função da sua impureza, concentração ou intensidade. No caso das indústrias de fundição, os riscos físicos são os mais relevantes, tratando-se da sobrecarga térmica a que os trabalhadores ficam sujeitos.

3.2 QUALIDADE DE AMBIENTES INTERNOS NO BRASIL

A qualidade de ambientes internos (QAI) é um tema ainda recente, com menos de 50 anos no mundo e menos de 30 anos no Brasil. “É uma nova área de estudo que reúne profissionais de diferentes disciplinas, principalmente químicos, microbiologistas, engenheiros, arquitetos e toxicologistas” (BRICKUS e AQUINO

NETO, 1999, p. 1). Para Schirmer et al. (2011), a relevância do seu estudo se deu quando passou-se a considerar o risco que ambientes como habitações, escritórios, escolas e hospitais – ambientes selados – podem oferecer à saúde do ocupante, e conseqüentemente, à qualidade da execução de suas tarefas.

Ainda segundo Schirmer et al. (2011), a necessidade de construção de edifícios selados surgiu com o intuito de melhorar o aspecto estético, controlar ruídos e desenvolver um microclima artificial mais cômodo aos ocupantes. Mesmo considerando que condições agradáveis no ambiente de trabalho são fatores importantes para o sucesso econômico das empresas, Suzuki (2010) verifica que a falta de preocupação com longos períodos de exposição, poderiam acarretar riscos à saúde humana.

Brickus e Aquino Neto (1999, p.1) salientam que a baixa qualidade do ar de ambientes fechados deve-se em grande parte pela “[...] diversidade de produtos para forração, acabamento e mobiliário, que contém substâncias químicas passíveis de serem dispersas no ar de interiores [...]”, que não foram tecnicamente planejados para emissões mínimas de poluentes. Portanto, a baixa troca de ar nesses locais afeta diretamente o nível de concentração de poluentes de origem química ou biológica presentes (TURIEL, 1983).

De acordo com estudos realizados pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA), os níveis de concentração de poluentes em ambientes internos podem ser de duas a cinco vezes maiores comparados aos níveis de contaminantes em ambientes externos, mesmo considerando cidades com alto índice de industrialização. E em paralelo à circunstância, o período de exposição dos ocupantes pode maximizar o efeito negativo à saúde nesses ambientes (AMERICAN LUNG ASSOCIATION, 2000).

Tratando-se do Brasil especificamente, o crescimento urbano com maior intensidade resultou principalmente do êxodo rural entre as décadas de 1960 a 1980, elevando em 30% a população nas áreas urbanas e ocasionando um estímulo à industrialização (ALVES; SOUZA; MARRA, 2011). Em consequência disso, deu-se início à degeneração da qualidade do ar de maneira mais rápida e intensa, afetando diretamente a qualidade do ar interno, que é resultado da influência exercida pelo ar exterior.

O primeiro levantamento técnico nacional relacionado à poluição química de ambientes internos se deu no início de 1993, pelo Laboratório de Apoio ao

Desenvolvimento Tecnológico (LADETEC), do Instituto de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro, juntamente com o Laboratório de Aerossóis e Gases Atmosféricos (LAGA), do Instituto de Química da Universidade de São Paulo. Os objetos de estudo foram ambientes como escritório, hotéis e restaurantes espalhados pelas cidades do Rio de Janeiro, São Paulo e Campinas, e a partir da análise dos dados, foram identificados níveis de contaminação que ultrapassavam ou se aproximavam do proposto pela legislação internacional vigente (BRICKUS e AQUINO NETO, 1999).

Ainda segundo os mesmos autores, outro levantamento, entre 1995 e 1996 considerando dessa vez os prédios como ambiente de estudo, os valores de contaminação interna excederam em até 10 vezes os do ar externo avaliados nesse edifício [razão interna/ externa de contaminantes (I/E)], concluindo um excesso de poluentes no ambiente interno, que se procedeu devido ao funcionamento defasado do sistema de ar condicionado instalado no local.

De acordo com Assimakopoulos e Helmis (2004), os prédios comerciais que vem sendo projetados nos últimos anos, estão abdicando de aberturas para economia de energia elétrica proveniente do ar condicionado. Desta forma, a necessidade de manutenção dos aparelhos climatizadores é a maneira mais fácil e eficiente de melhorar e preservar a qualidade do ar interno (MORAES, 2006). Ou ainda, a opção pela ventilação natural, segundo Yang et al. (2005) reduz o custo de instalação e manutenção de aparelhos e tende a manter em níveis menores a concentração de contaminantes devido à movimentação do ar.

3.3 AMPLITUDE DO PROBLEMA DA MÁ QUALIDADE DO AR EM AMBIENTES INTERNOS

Segundo a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2017), entende-se como poluente atmosférico qualquer espécie de matéria em suspensão presente no ar que tende a afetar negativamente a saúde e comodidade daqueles que estejam submetidos ao contato direto com esta, independente de se tratar de uma comunidade humana, animal ou vegetal.

A concentração destes poluentes atmosféricos é que vai determinar o nível de contaminação do ar, porém, a diversidade de substâncias presentes na camada

atmosférica torna complexa a função de classificar estes elementos. Dessa forma, foram segmentados em duas classes (Quadro 1).

Quadro 1 – Classificação dos poluentes atmosféricos

Poluentes Primários	Emitidos diretamente pela fonte de emissão
Poluentes Secundários	Formados na atmosfera por meio da reação química entre poluentes primários e componentes naturais da atmosfera

Fonte: Adaptado (CETESB, 2017).

As condições meteorológicas influenciam diretamente a convergência dos poluentes. De acordo com a CETESB (2017), parâmetros como ventos fracos, inversão térmica a baixa altitude, alto índice de calmaria e baixa umidade são determinantes para a elevação de concentração dos poluentes.

Porém, estudos demonstram que a qualidade de um ar interno pode ser consideravelmente inferior comparada à qualidade de um ar externo. Um dos maiores determinantes de degradação da qualidade do ar em ambientes fechados é justamente os frequentadores do local em paralelo com as atividades que realizam. Para Brickus e Aquino Neto (1999), não só a respiração e transpiração são contribuintes para a poluição do local, mas o fato dos ocupantes serem dispersores de microrganismos (bactérias, fungos, vírus e ácaros) que podem vir a ser fonte de patogenicidade. Ainda considerando os hábitos que influenciam diretamente na depreciação da qualidade do ar, o fumo era um fator de importância considerável nesse estudo, pois a fumaça do tabaco tem efeito nocivo à saúde, independente de se tratar de um fumante ativo ou passivo.

Entretanto, o hábito de fumar em locais total ou parcialmente fechados de uso público ou privado foi vetado a partir da publicação da Lei Antifumo nº 12.546/2011, que surgiu justamente com o objetivo de preservar a saúde dos fumantes passivos e ainda contribuir com a diminuição do índice de tabagismo no Brasil (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2017). A partir de então, a fumaça do cigarro não tem mais influência direta no ambiente interno, porém, ainda é um fator considerável quando trata-se da influência do ambiente externo nas condições da qualidade do ambiente interno.

Ainda deve-se destacar a falta de qualidade do ar de ambientes fechados devido à falta de manutenção dos aparelhos de ar condicionado e das possíveis fontes de contaminação. A ventilação também está entre os principais fatores que determinam uma boa qualidade do ar de interior, e segundo CARMO e PRADO (1999, p. 8), ela é “[...] uma combinação de processos que resultam não só no fornecimento de ar externo, mas também na retirada do ar viciado de dentro de um edifício”, portanto, quando uma parte deste processo está em desajuste todo o sistema é comprometido.

Em virtude dos efeitos adversos que alguns fatores como o comportamento humano e o dimensionamento defasado da ventilação de ambientes causam na baixa renovação do ar, a OMS (OMS,1989) definiu como “[...] uma situação na qual os ocupantes ou usuários de um prédio específico apresentam sintomas sem origem determinada e sem a possibilidade de constatação de uma determinada etiologia, sendo, portanto, desconhecida” a Síndrome dos Edifícios Doentes (SED).

A SED caracteriza um estado doentio temporário dos ocupantes, considerando que os sintomas cessam logo após o vínculo com o edifício chega ao fim. A origem do transtorno é resultado da falta ou manutenção inadequada dos sistemas de ventilação, que podem vir a ser fontes de microrganismos, de acordo com a *Environmental Protection Agency* (EPA, 1991; CARMO e PRADO, 1999).

Como edifícios doentes são considerados aqueles em que uma fração mínima de 20% dos ocupantes apresenta sintomas considerados vagos, sem uma conclusão definitiva mesmo com diagnóstico clínico (NUNES, 2005), e que aparentemente se devem ao tempo de permanência destes naquele ambiente. O fato de interferir não apenas na saúde, mas também no conforto dos frequentadores do local é mais um agravante para o decréscimo da eficiência produtiva no trabalho e nas relações sociais.

Outro termo em questão que deve ser levantado, é “*Building Related Illness*” (BRI) que trata-se de doenças também relacionadas ao edifício, mas que são consideradas uma infecção verdadeira e não provisória, como no caso da SED, isso porque pode ser identificada por exames laboratoriais, com causa proveniente de microrganismos (HANSEN, 1991).

Deve-se salientar que há distinção, mesmo que mínima entre a SED e a BRI. Para Hansen (1991), enquanto os sintomas apresentados por ocupantes dos edifícios remetem a uma infecção permanente, e passível de detecção por testes

laboratoriais, um edifício que possui SED apenas contribui no aumento da predisposição de um estado doentio temporário. Em suma, os contaminantes da SED não são claramente identificados, mas estão ligados às condições do edifício, sendo passíveis de melhora quando tomadas algumas medidas como: aumento da ventilação, controle e monitoramento das possíveis fontes de poluição e manutenção dos sistemas de ar condicionado. Dessa forma, BRI é um estágio avançado da SED, majoritariamente (CARMO e PRADO, 1999).

Os principais sintomas apresentados por ocupantes dos “edifícios doentes” estão listados no Quadro 2.

Quadro 2 – Principais sintomas relacionados à SED

Sintomas de mucosa	Lacrimejamento, coriza, obstrução nasal, irritação, dor
Sintomas asmáticos	Opressão torácica, tosse, falta de ar e chiados
Sintomas neuro-tóxicos	Cefaleia, letargia, dificuldade de concentração, irritação
Cutâneos	Prurido, pele seca, irritação e vermelhidão
Outros	Gastrointestinais, hematológicos, alterações visuais.

Fonte: Adaptado (GRAUDENZ e DANTAS, 2007).

De acordo com a *Internacional Society of Indoor Air Quality and Climate* (ISAIQ-CIB TG42, 2004) o aumento da temperatura e da umidade relativa do ar são fatores ambientais que podem estar diretamente ligados ao aumento da emissão de poluentes internos, sendo estes alguns elementos químicos, como o formaldeído. A correlação entre os parâmetros de conforto térmico (temperatura e umidade) e de qualidade do ar são igualmente considerados pertinentes à aceitabilidade das condições do ambiente interno.

3.4 CONTAMINANTES

Lima de Paula (2003) explica que as possíveis razões da SED são o resultado de uma integração de fatores, como a insuficiência do ar exterior, distribuição ineficiente do ar, controle defasado de temperatura, projeto mal estruturado, modificações inapropriadas após construção e falta ou inadequação da manutenção dos sistemas de ventilação. O estudo de maneira integrada dos contaminantes

acontece devido à procedência de fontes distintas e difusas de emissão e à capacidade de mobilidade dessas substâncias.

Os agentes de contaminação que vem sendo monitorados nos estudos de QAI são basicamente o CO₂, o CO, os compostos orgânicos voláteis totais e especiados (COVsT), os compostos orgânicos semi-voláteis (COSVs), matéria particulada, e microrganismos (ácaros, fungos, vírus e bactérias), ou seja, contaminantes de origem física, química e biológica (GIODA e AQUINO NETO, 2003; MORAES, 2006). No Quadro 3 é possível encontrar as principais fontes de emissão dos compostos monitorados.

Quadro 3 – Fontes típicas de poluição em ambientes fechados

POLUENTE	MAIOR FONTE DE EMISSÃO
Dióxido de carbono	Atividades metabólicas e de combustão, veículos motores;
Monóxido de carbono	Queima de combustível fóssil, aquecedores a gás, fogão,
Formaldeído	Materiais de construção e mobiliário;
COVs	Adesivos, solventes, materiais de construção, pintura, atividades de limpeza, fotocopiadoras;
Partículas	Re-suspensão, atividades de limpeza

Fonte: Adaptado (GIODA e AQUINO NETO, 2003).

COVs – Compostos Orgânicos Voláteis

3.4.1 Contaminantes Químicos

3.4.1.1 Dióxido de Carbono (CO₂)

O dióxido de carbono é um gás incolor e inodoro, resultado da respiração humana, processos de combustão e de veículos automotores. Sua concentração típica em ambientes internos varia de 700 a 2.000 ppm, porém é relacionada aos níveis de produção deste dentro do edifício e, normalmente é maior comparada aos ambientes externos (CARMO e PRADO, 1999; QUADROS, 2008).

Seguindo os mesmos preceitos teóricos, os autores ainda alertam que o CO₂ só afeta consideravelmente a saúde humana quando em níveis extremos (acima de 30.000 ppm). Quando disponível em concentrações medianas em ambientes

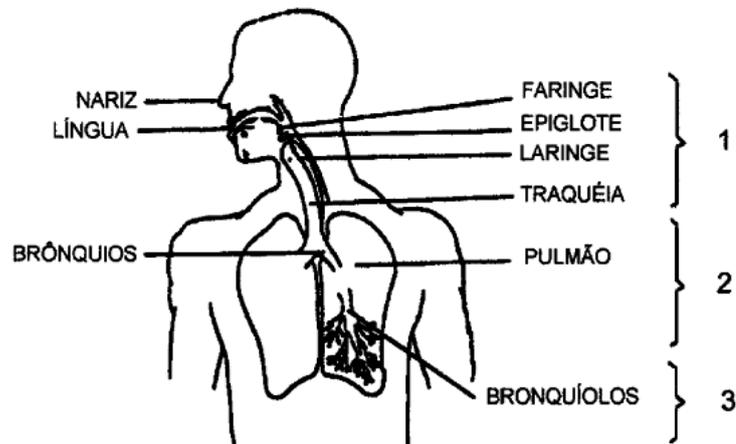
internos, podem causar sensação de desconforto e falta de ar nos usuários. Entretanto, é preciso salientar que a exposição contínua e a longo prazo pode acarretar em desmineralização dos ossos, segundo a Associação de Saúde do Canadá (1989).

De acordo com a RE da ANVISA nº 09/03 (BRASIL, 2003), que dita os padrões referenciais de qualidade do ar interior em ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo, o CO₂ tem como valor máximo recomendável de 1.000 ppm (partes por milhão), sendo considerado um indicador de renovação de ar externo, indicado para conforto e bem-estar. A *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers* – ASHARAE 62.1 (2007), de acordo com algumas normas vigentes nos EUA e Canadá ainda determina como valor máximo de 5.000 ppm e 3.500 ppm de CO₂, para ambientes industriais e residências, respectivamente, porém, recomenda que os valores não ultrapassem de 1.500 a 2.000 ppm, pois a partir de então pode causar sonolência e redução de eficiência nas atividades.

3.4.2 CONTAMINANTES FÍSICOS

Os contaminantes físicos são compostos basicamente por material particulado (MP), que por sua vez são identificados como uma mistura física e química de substâncias suspensas no ar seja no estado sólido ou líquido (aerossóis, gotículas, névoa, fumaça) (SCHIRMER et al., 2011). Esta é a forma mais visível de poluição do ar, pois apresenta tamanhos variáveis de partículas, sendo consideradas pelo Comitê Consultivo Federal em Saúde Ambiental e Ocupacional do Canadá (1995) no estudo da qualidade interna de ambientes apenas a faixa de 0,1 a 10 micrômetros. Isso porque, aquelas partículas menores são habitualmente inaláveis e as partículas maiores não chegam às vias pulmonares devido à dimensão elevada (CARMO e PRADO, 1999). Pode-se perceber a dinâmica de deposição e o diâmetro das partículas na Figura 2.

Figura 2 – Dinâmica de deposição das partículas referentes a seu diâmetro



Fonte: (BRICKUS e AQUINO NETO, 1999).

1: Aparelho respiratório superior – Partículas entre 5-30 μm são retidas; 2: Aparelho respiratório inferior – Partículas menores que 1 μm alcançam os alvéolos e são depositadas nos pulmões; 3: Partículas entre 1-5 μm são depositadas.

Para Schirmer et al. (2011), as fontes de matéria particulada fina em interiores são prioritariamente: fogões, sistemas mecânicos de ventilação, aparelhos ligados à combustão e cigarros. Atividades domésticas diárias como varrer, tirar pó e cozinhar são umas das principais responsáveis pela re-suspensão de partículas, o que admite aos ambientes internos um tamanho menor destas comparado ao ambiente externo, e ainda sendo passível de ligação maior a compostos orgânicos, referente às características da fonte.

A parte externa dos edifícios atua como um “filtro parcial” que retêm as partículas com dimensões maiores, e é justamente o tamanho do particulado que define seu destino final, podendo ser depositado em superfícies horizontais ou verticais, se manter em suspensão no ar, ser absorvido pelo sistema de ventilação ou ser inalado pelo homem, estando sujeito ao acúmulo nas vias aéreas, chegando a atingir os alvéolos pulmonares (CARMO e PRADO, 1999).

Os mesmos autores ainda reforçam que a composição química do material particulado presente em ambientes internos varia muito, podendo ser composta por amianto, fibras minerais, fibras sintéticas, esporos fúngicos, aerossóis, resíduos alimentares e de insetos e alérgenos. O asbesto, por exemplo, é um contaminante químico encontrado em materiais fibrosos, que em concentrações elevadas, apresenta efeitos carcinogênicos, pois tem a capacidade de permanecer nos pulmões por longo período. A importância do conhecimento desses componentes é

fundamental para a tomada de medidas mitigadoras e corretivas relacionadas aos efeitos causados na saúde (CARMO e PRADO, 1999).

Entretanto, como principal poluente de ambientes fechados estava a fumaça do cigarro (ETS – Environmental Tobacco Smoke), que é um tipo de aerossol constituído por uma gama de substâncias na forma de MP, compostos orgânicos voláteis e semi-voláteis, além de compostos inorgânicos (QUADROS, 2008). O efeito da ETS abrange fumantes ativos e passivos, e como sintomas imediatos estão o odor e irritação nos olhos e vias aéreas superiores. Já a exposição por um período mais longo à fumaça do cigarro, pode levar ao aparecimento de outros sintomas: rinite, faringite, tosse, dor de cabeça, irritação da mucosa e constrição dos brônquios, demonstrando potencial carcinogênico (JONES, 1999). Mas como explicitado anteriormente, com a aprovação da Lei Antifumo nº 12.546/2011, a influência da fumaça de cigarro não é mais um fator direto nas condições do ambiente interno, apesar de ainda poder ser considerado um parâmetro de origem indireta, devido à interferência do ar externo no interno.

3.4.3 Contaminantes biológicos

Abelho (2013) define os contaminantes biológicos basicamente como o que chamamos de bioaerossóis, estes são compostos por microrganismos (bactérias, fungos, vírus), ácaros, pólen e resíduos de insetos mortos e de comida. Os principais fatores que permitem crescimento destes agentes biológicos são: alta umidade, pouca ventilação, edifícios selados, sistemas de aquecimento e resfriamento que possuem compartimento com reserva de água, higiene das instalações e número e o nível de higiene dos ocupantes (CARMO e PRADO, 1999).

Os bioaerossóis representam cerca de 5% a 34% da poluição de ambientes internos (SRIKANTH; SUDHARSANAM; STEINBERG, 2008). Segundo a EPA (1994), os contaminantes biológicos presentes no ar de interiores são conhecidos por serem fonte de três tipos de doenças, infecções – causadas pela invasão de microrganismos aos tecidos (resfriado, tuberculose), hipersensibilidade – referente a uma ativação particular do sistema imunológico, e toxicidade – quando esses agentes produzem toxinas que prejudicam diretamente a saúde.

Tratando do estudo da qualidade do ar tanto de ambientes internos como de ambientes externos, as doenças relacionadas ao aparelho respiratório são as que

ganham maior relevância, de acordo com Quadros (2008). Entre as patologias relacionadas a bactérias, que podem estar presentes em sistemas de ar condicionado, pode-se citar: tuberculose, febre, diarreia e náuseas; relacionadas aos fungos estão as infecções respiratórias e reações alérgicas (LUGAUKAS, 2004) e aos protozoários de vida livre: meningioencefalite, doenças respiratórias, alergia, reações inflamatórias e pneumonia.

3.5 MEDIDAS DE CONTROLE E PREVENÇÃO DE CONTAMINANTES

Tendo em vista que o primeiro passo para se diminuir a concentração dos gêneros biológicos e não-biológicos de contaminantes em ambientes internos é a educação e consciência ambiental dos próprios ocupantes e funcionários, deve-se primeiramente investir na divulgação de informações por meio de cartilhas, palestras e adesivos autoexplicativos espalhados pelo ambiente de trabalho, de forma que inspire motivação destes em zelar por um ambiente que não cause desconforto nem danos à saúde. Não dependendo apenas dos funcionários expostos aos agentes contaminantes, mas também da ação dos responsáveis técnicos pela manutenção de aparelhos de ar condicionado ou pela manutenção da higiene e limpeza do local (BRICKUS e AQUINO NETO, 1998).

Carmo e Prado (1999) discutem a importância da atualização profissional de técnicos que as empresas relacionadas à manutenção e instalação de condicionadores de ar disponibilizam ao mercado, contribuindo com o controle das fontes de contaminação, e lhes admitindo capacidade de reconhecimento da validade dos serviços oferecidos, garantindo aos seus clientes boa qualidade do ar interior.

Outros parâmetros ainda merecem destaque quanto ao controle da qualidade de ambientes internos. Indicadores de conforto térmico como temperatura, umidade e velocidade do ar são passíveis de monitoramento frequente (EVERETT e KIPP, 1991). Para Teixeira et al. (2005) a segregação de uma área para fumantes, considerando os efeitos adversos que o hábito provoca para fumantes ativos e passivos, é de extrema importância, já que este é um dos fatores que mais interferem na qualidade do ar interior, visto sua composição variada por MP, NO₂ e COV. Pensando nestas condições, que em 2011 entrou em vigor a Lei Antifumo nº

12.546, impedindo a ação em ambientes coletivos fechados parcial ou completamente.

Teixeira et al. (2005) ainda destaca a necessidade de cumprimento das legislações: Portaria nº 3.523, de 28 de agosto de 1994 e a Resolução nº RE 176, de 24 de outubro de 2000, que se referem à exigência de um Plano de Manutenção, Operação e Controle (PMOC) aos gestores, incluindo um responsável técnico e ainda a divulgação atualizada dos ambientes da edificação; e estabelecimento dos Valores Máximos Aceitáveis (VMA) para os marcadores epidemiológicos, periodicidade na realização das pesquisas nos ambientes e normas técnicas para as análises ambientais, respectivamente.

Em busca da preservação de um ar interno de qualidade, Siqueira, Cardoso e Silveira (2004) recomendam algumas medidas básicas de prevenção e manutenção que podem ser adotadas pelo gestor ambiental, sendo elas:

- Correções, adequações e higienizações de filtros;
- Higienização adequada ou utilização de sistemas de tratabilidade contínua de bandeja de condensado;
- Higienização adequada dos demais componentes do sistema de climatização, tais como: difusores, ventiladores, serpentinas, dumpers e outros;
- Limpeza e cuidados criteriosos com a manutenção da casa de máquinas;
- Condições de dutos e reforma;
- Adequações das questões pós-ocupacionais, evitando-se instalações de fontes poluentes, com características terciárias;
- Adequação de equipamentos que possam atuar como fontes poluentes de origem química, com características terciárias, além dos programas de higienização de superfícies fixas nos ambientes interiores.

3.6 PARÂMETROS DE CONTAMINANTES E SEUS VPMs

Abelho (2005) relata que a instituição do Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios – SCE em 2006, composto por um extenso pacote legislativo (Decretos - Lei 78, 79 e 80 de 4 de Abril de 2006), prevê a obrigatoriedade de auditorias à qualidade do ar interior, incluindo avaliação microbiológica. Na Tabela 1 encontram-se os parâmetros microbiológicos e as

concentrações máximas de referência dispostas no Decreto – Lei nº 79/2006 (BRASIL, 2006).

Tabela 1– Concentração máxima de contaminantes biológicos

Parâmetros microbiológicos	UFC/m³
Bactérias	500
Fungos	500
Legionella	100

Fonte: Adaptado (ABELHO, 2005).

Alguns parâmetros estabelecidos pela legislação brasileira podem ser acompanhados na Tabela 2, com seus respectivos valores máximos permitidos (VPM), referenciados de acordo com os padrões de qualidade do ar de interiores em ambientes artificialmente climatizados de uso público e coletivo (BRASIL, 2003).

Tabela 2 - Parâmetros de contaminantes e seus respectivos VPM conforme RE da ANVISA nº09

Parâmetros	Valores máximos permitidos (VPM)
Dióxido de carbono	≤ 1000 ppm
Aerodispersóides	≤ 80 g/m ³
Temperatura: Verão	23 – 26 °C
Inverno	20 – 22 °C
Físico-Químicos	
Velocidade do ar	0,25 m/s
Umidade relativa: Verão	40 – 65%
Inverno	35 – 65%
Taxa de renovação	27 m ³ /h/pessoa
Microbiológicos	
Quantitativo para bolores e leveduras	≤ 750 UFC/m ³
Relação I/E	≤ 1,5

Fonte: Adaptado (NUNES, 2005).

PPM – Partes por milhão, I – Interno, E – Externo

A RE da ANVISA nº 09/03 (BRASIL, 2003) ainda determina que para fins de pesquisa, assim como para avaliação e correção das situações encontradas, sejam adotadas as possíveis fontes e medidas de prevenção destas.

Em relação à contaminação microbiológica por bactérias especificamente, não há legislação brasileira que determine um limite permissível para ambientes internos, porém, por meio da Nota Técnica NT-SCE-02 do Sistema Nacional de Certificação Energética da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios de Portugal, pode-se estabelecer o valor de 500 UFC/m³ como valor máximo recomendável para bactérias (ADENE, 2009).

4 MATERIAL E MÉTODOS

Fica fundamentado nesta seção, apresentar a metodologia que foi adotada durante o período de coleta de dados em conjunto com os equipamentos utilizados, para avaliação dos parâmetros de controle da qualidade do ar interno e externo, seguida de suas respectivas análises.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL

Os objetos de estudo desta pesquisa foram os setores de fundição e usinagem de uma empresa, que optou pelo anonimato.

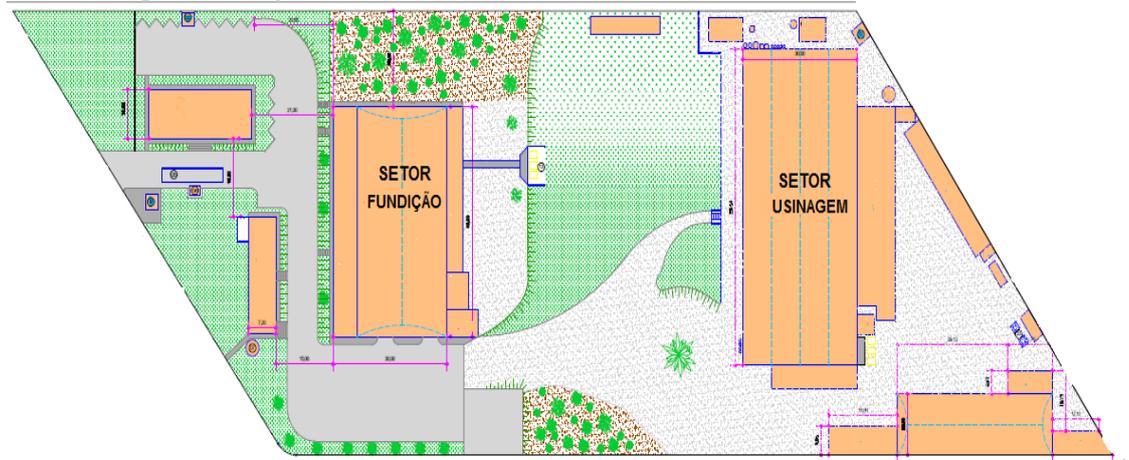
A empresa atua no ramo fundição e de usinagem de peças seriadas em diferentes tipos de metais em tornos e centros de usinagem CNC, onde de acordo com o Quadro I da Norma Regulamentadora - NR 4/2008, tem como Relação de Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE), com correspondente Grau de Risco (GR) os valores apresentados na Tabela 3, considerando variação de 0 a 4, onde 0 refere-se à menor GR e 4 à maior GR. Conta ainda com uma equipe de 75 colaboradores e apresenta uma área industrial construída de 2.500 m² e 5.000 m², para os setores de fundição e usinagem, respectivamente. Na Figura 3 é possível observar o layout da indústria.

Tabela 3 - Classificação dos objetos de estudo de acordo com o Quadro I da NR 4

CÓDIGO	DENOMINAÇÃO	Grau de Risco
24	METALURGIA	
24.51-2	Fundição de ferro e aço	4
25	FABRICAÇÃO DE PRODUTOS DE METAL, EXCETO MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS	
25.39-0	Serviço de usinagem, solda, tratamento e revestimento de metais	4

Fonte: Adaptado (NR 4, 2008).

Figura 3 – Layout da indústria onde foi realizada a coleta de dados



Fonte: Imagem cedida pela empresa.

Para atingir o objetivo do trabalho, passou por amostragem o setor de Fundição, onde atuam cerca de 50 funcionários e foi escolhido por apresentar condições de trabalho que podem ser comprometedoras à saúde, considerando o tempo que os empregados estão expostos – das 07h às 17h -, a temperatura em que o ambiente pode chegar devido ao trabalho das máquinas, a estrutura física do local e o tipo de atividade desenvolvida, e o setor de usinagem que conta com 25 trabalhadores, com a mesma carga horária de trabalho, atuando em atividades que desempenham desgaste físico, porém, sem exposição ao calor.

No setor de Fundição são executadas atividades referentes à fundição de peças de metal, seguida pela moldagem das peças, resfriamento das mesmas e por fim, acabamento.

O setor de Usinagem é caracterizado por atividades relacionadas ao dimensionamento e conformação de uma peça por meio da remoção de material. Entre as operações desenvolvidas neste setor destaca-se: torneamento, fresagem, furação, corte de peças e retificação, considerando que as duas primeiras atividades são realizadas por meio de comando numérico computadorizado.

Em relação aos ambientes internos sem climatização artificial, não há nenhuma norma que determine os limites máximos permissíveis dos parâmetros que serão analisados, desta forma, fundamentou-se a utilização da RE da ANVISA nº 09/03, que apesar de tratar-se especialmente de ambientes climatizados, também preconiza o público e uso coletivo.

A área de fundição apresenta em torno de 2.500 m², a RE da ANVISA nº 09/03 preconiza um número mínimo de cinco amostras para esse intervalo de espaço, e a área de usinagem dispõe de uma área construída de 5.000 m², necessitando de no mínimo 8 pontos amostrais, como mostra o Quadro 4, de maneira a representar as particularidades do ambiente de forma minuciosa.

Um ponto externo foi definido logo após a porta de saída de cada setor, conforme admite a RE da ANVISA nº 09/03, mais precisamente em uma área aberta, mas que caracteriza imediatamente o ambiente que envolve a instalação. Este ponto é importante para haver possibilidade de comparação dos resultados e análise da influência do ar externo diretamente na qualidade do ambiente interno, especificamente nestes casos.

Quadro 4 – Estratégia de amostragem

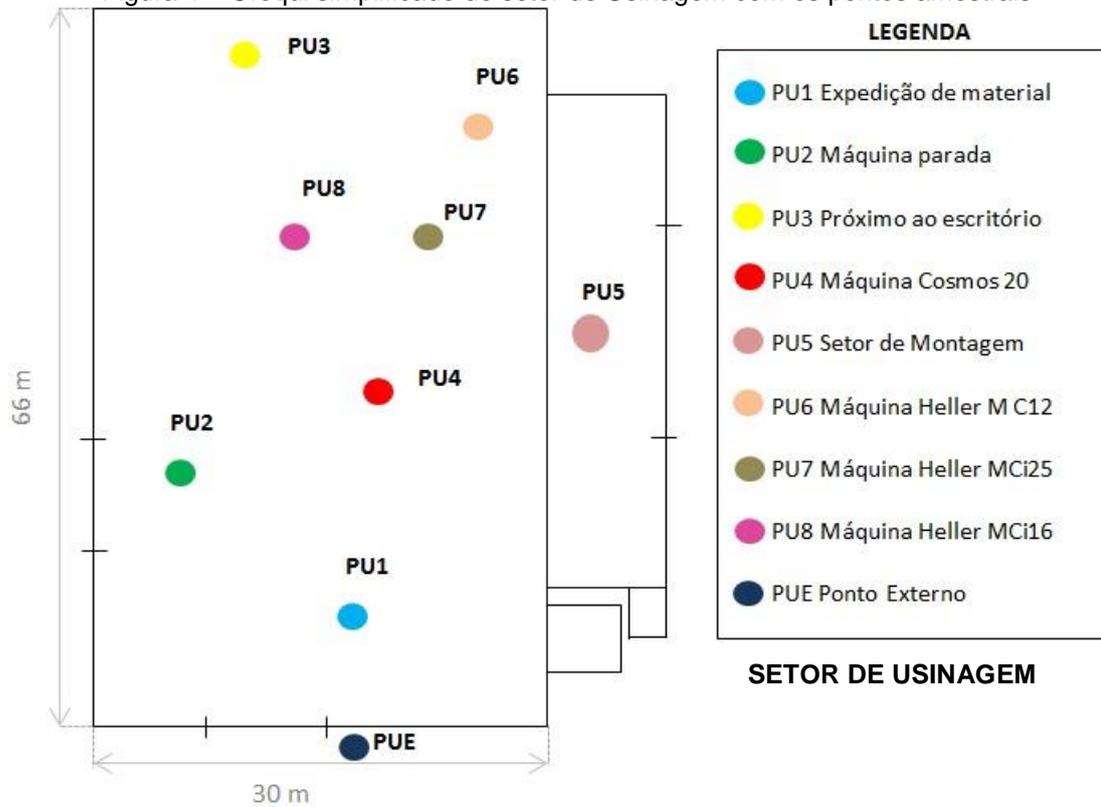
Área Construída (m²)	Número Mínimo De Amostras
Até 1000	01
1000 à 2000	03
2000 à 3000	05
3000 à 5000	08

Fonte: Adaptado (BRASIL, 2003).

Os locais definidos para coleta de dados totalizaram 16 pontos, sendo escolhidos de modo aleatório, porém, considerando a maior circulação de pessoas, máquinas em funcionamento, chances superiores de contaminação por bioaerossóis, níveis significantes de CO₂ e parâmetros de conforto térmico.

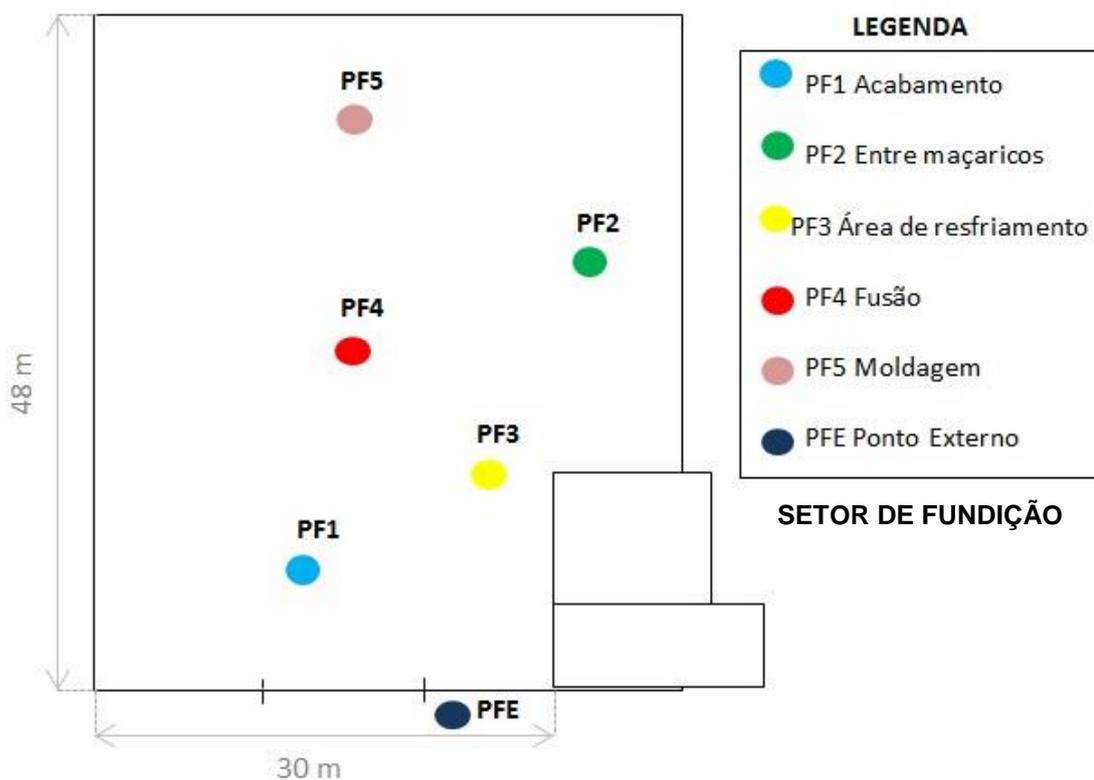
Nas Figuras 4 e 5 estão ilustradas a distribuição dos pontos escolhidos em cada setor.

Figura 4 – Croqui simplificado do setor de Usinagem com os pontos amostrais



Fonte: Autoria própria (2018).

Figura 5 – Croqui simplificado do setor de Fundição com os pontos amostrais



Fonte: Autoria própria (2018).

Na Figura 6 são apresentadas imagens do setor de Usinagem da empresa, enquanto na Figura 7 encontram-se imagens do setor de Fundição.

Figura 6 – Alguns pontos amostrais no setor de Usinagem



Fonte: Autoria própria (2018).

A) Operação na MC 12, B) Operação na MCi25, C) Cosmos 20, D) Setor de montagem

Figura 7 – Alguns pontos amostrais no setor de Fundição



Fonte: Autoria própria (2018).

A) Área de resfriamento, B) Acabamentos, C) Fusão, D) Moldagem

4.2 DETERMINAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE CONFORTO

4.2.1 Determinação da concentração de CO₂, umidade relativa e temperatura

Para análise dos indicadores de qualidade do ambiente interno, foram realizadas medições de concentração de CO₂, umidade relativa do ar e temperatura do ar em cada ponto, com o auxílio de um equipamento portátil de leitura direta através de um sensor infravermelho não dispersivo, modelo 269, da marca HOMIS (Figura 8). O aparelho obedece às normas de calibração conforme especificado na RE da ANVISA nº 09/03 (BRASIL, 2003), e pode realizar medições de temperatura tanto em bulbo seco, como em bulbo úmido, disponibilizando os valores da umidade relativa do ar e temperatura ambiente.

Figura 8 - Analisador de CO₂, temperatura e umidade utilizado para coleta de dados



Fonte: Autoria própria (2018).

Para avaliação e controle do ar ambiental de interiores, é recomendado o seguimento da NBR – 10.719/89 da ABNT. Nesse caso de amostragem de monitoramento e controle do processo de renovação de ar, aplica-se a Norma 002/2003 que exige do equipamento amostrador uma Faixa de Captação: de 0 a 5.000 ppm e uma Exatidão: de ± 50 ppm + 2% do valor medido (BRASIL, 2003).

De acordo com a ANVISA (BRASIL, 2003), a estratégia de amostragem determina que ao menos uma amostra de ar exterior seja coletada nas proximidades da entrada, na altura de 1,50 m do solo, e as amostras do ar interior sejam localizadas no centro ou área ocupada do ambiente, sempre em horários de máxima ocupação deste.

Ainda de acordo com a ANVISA (BRASIL, 2003), o processo de monitoramento e controle de climatização do ar, ou seja, as medições de temperatura e umidade relativa, ainda são medidas pelo mesmo aparelho, mas devem obedecer à Norma 003. A Faixa de Captação de: 0 a 70°C de temperatura e 5% a 95% de umidade, com Exatidão de: $\pm 0,8$ °C de temperatura e $\pm 5\%$ do valor medido de umidade, dependendo da finalidade e da área de instalação.

4.2.2 Determinação do IBTUG

No setor de Fundição em especial, por ser considerado um ambiente que apresenta sobrecarga térmica, deve ser aplicada a NR 15/2015 para Atividades e Operações Insalubres - Anexo 3, que determina os Limites de Tolerância para Exposição ao Calor. A partir dela, a exposição ao calor será avaliada por meio do cálculo do Índice de Bulbo Úmido Termômetro de Globo – IBTUG para ambientes

internos sem carga solar (Equação 1), que é dependente da temperatura de bulbo úmido natural (t_{bn}) e temperatura de globo (t_g), dada em °C.

$$IBTUG = 0,7 t_{bn} + 0,3 t_g \quad (1)$$

Estes parâmetros foram determinados por leitura direta pelo mesmo aparelho Analisador de CO₂ portátil – Marca HOMIS 269 de medição de temperatura, umidade e concentração de CO₂. A partir do valor do IBTUG e do tipo de atividade desenvolvida no ambiente de trabalho (leve, moderada ou pesada) (Quadro 5), foi possível estimar o período de descanso necessário para aquele tipo de atividade (Quadro 5).

Quadro 5 – Classificação dos tipos de atividade

Classificação	Tipo de Atividade
Trabalho Leve	<p>Sentado, movimentos moderados com braços e tronco.</p> <p>Sentado, movimentos moderados com braços e pernas.</p> <p>De pé, trabalho leve, em máquina ou bancada, principalmente com os braços.</p>
Trabalho Moderado	<p>Sentado, movimentos vigorosos com braços e pernas.</p> <p>De pé, trabalho leve em máquina ou bancada, com alguma movimentação.</p> <p>De pé, trabalho leve em máquina ou bancada, com alguma movimentação.</p> <p>Em movimento, trabalho moderado de levantar ou empurrar.</p>
Trabalho Pesado	<p>Trabalho intermitente de levantar, empurrar ou arrastar.</p> <p>Trabalho fatigante.</p>

Fonte: Adaptado NR 15/2015 (BRASIL, 2015).

Quadro 6 – Período de descanso relacionado ao tipo de atividade e valor de IBTUG

Regime de trabalho intermitente com descanso no próprio local de trabalho (por hora)	Tipo de atividade		
	LEVE	MODERADA	PESADA
Trabalho contínuo	Até 30,0	Até 26,7	Até 25,0
45 minutos trabalho 15 minutos descanso	30,1 a 30,5	26,8 a 28,0	25,1 a 25,9
30 minutos trabalho 30 minutos descanso	30,7 a 31,4	28,1 a 28,0	26,0 a 27,9
15 minutos trabalho 45 minutos descanso	31,5 a 32,2	29,5 a 31,1	28,0 a 30,0
Não é permitido o trabalho, sem a adoção de medidas adequadas de controle	Acima de 32,2	Acima de 31,1	Acima de 30,0

Fonte: Adaptado NR 15/2015 (BRASIL, 2015).

4.3 DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS MICROBIOLÓGICOS

4.3.1 Meios de cultura

De acordo com a Norma 001/2003 proposta pela ANVISA (BRASIL, 2003), o monitoramento e controle da disseminação de fungos em interiores deve ser feito em placas de Petri utilizando o meio de cultivo Agar Sabouraud Dextrose, que apresenta nutrientes específicos para o desenvolvimento de fungos filamentosos (BRASIL, 2004a), entretanto, neste estudo foi utilizado o meio Potato Dextrose Agar (PDA), que é considerado de grande eficiência para a ocorrência de esporulação, facilitando o reconhecimento dos fungos (CARNAÚBA, 2007).

Para o cultivo de bactérias, considerando a viabilidade econômica, o meio de cultivo usado foi o Plate Count Agar (PCA), substituindo o meio Ágar TSA Sanguine de Carneiro, que costuma ser utilizado como base para avaliação de QAI. Considerando que não existe na legislação brasileira normas técnicas para quantificação de bactérias presentes no ar a substituição do meio de cultura não interferirá na análise dos resultados.

Após preparados os meios PDA e PCA, ambos da marca Kesvi, no laboratório de Microbiologia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná estes foram vertidos em Placas de Petri estéreis. Para transporte até a área de coleta de amostras, as placas foram envolvidas por um saco plástico higienizado e

aconditionadas em caixas térmicas com o intuito de se manterem a temperatura ambiente e livre de influência externa.

4.3.2 Amostragem Passiva

A qualidade do ar interno e externo foi avaliada partindo do método de Sedimentação Espontânea, que apresenta certa limitação quanto ao tempo de exposição, podendo interferir na quantificação dos bioaerossóis, além ainda de estar sujeito à influência da circulação do ar no ambiente (PANTOJA et al., 2007; NUNES et al., 2005). Porém, segundo Pasquarella et al (2000), se considerada a facilidade, baixo custo e as informações qualitativas proporcionadas pode ser usada com eficiência.

A amostragem se deu por triplicata e seguiu os mesmos princípios dos parâmetros anteriores, onde em função da área construída foram coletadas amostras em cinco pontos no interior do ambiente de fundição, e em oito pontos no ambiente de Usinagem, visto nas Figuras 4 e 5, onde o conjunto de três placas em cada ponto foi disposto em uma superfície a 1,50m do piso por um tempo determinado de 10 minutos para cada um deles. O ponto exterior passou pelo mesmo procedimento. A amostragem no ambiente interno e externo foi feita de forma simultânea, impedindo que as condições ambientais distintas influenciem na exposição.

No total de cada dia foram submetidas à exposição, 102 placas de Petri para o setor de fundição, 66 para o setor de usinagem e mais 6 placas apenas com os meios de cultura específicos, que foram mantidas lacradas no local da amostragem e em seguida, incubadas junto com a demais. Estas serviram como “branco” para seus respectivos meios, de modo que posteriormente fosse analisado se ocorreu contaminação das placas durante o transporte. Portanto, considerando os dois dias propostos, foram passíveis de análise um total de 340 placas de Petri.

Com o término de cada dia de amostragem, as placas foram transportadas novamente em caixas térmicas até o laboratório, onde foram incubadas separadamente, já que se tratava de microrganismos com temperaturas ótimas distintas para seu crescimento. As placas contendo meio PCA (bactérias) foram incubadas em estufa bacteriológica por 48 horas à 30°C (ABELHO, 2013), e as placas contendo meio PDA (fungos) foram ser incubadas por 5 dias à 25°C em

estufa bacteriológica. Mediante especificações da ANVISA (2003), os fungos devem permanecer na incubadora por 7 dias, porém, percebeu-se que seu crescimento era superior ao esperado para análise das amostras sem comprometimento dos resultados.

Em seguida ao período de incubação, foi determinado o número de Unidades Formadoras de Colônia (UFC) desenvolvidos nos meios. Os resultados foram dados em UFC por metros cúbicos de ar (UFC/m³), entretanto, como tratou-se de amostragem passiva, não houve a utilização de equipamentos que forçassem o ar e conseqüentemente, não houve o conhecimento de sua vazão. Por essa razão, Friberg (1999) propôs encontrar a UFC/m³ por meio do conhecimento da área da placa de Petri exposta ao ar, nº de UFC por placa e um fator de correção de 23:1, que corresponde à relação entre número de células na superfície e número de células no ar (I/E), como demonstrado na Equação 2.

$$n^{\circ} \text{ de } \frac{UFC}{m^3} = \frac{n^{\circ} \text{ de UFC em cada placa}}{\text{área da caixa (m}^2\text{)}} \times \frac{1}{23} \quad (2)$$

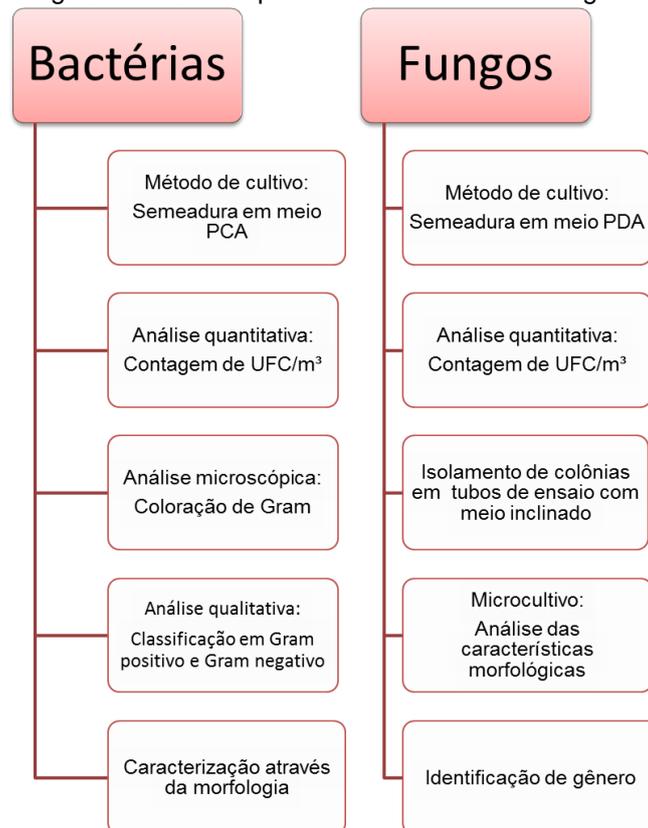
Considerando a variação de tamanho das placas de Petri e adotando um diâmetro genérico de 8 cm, por meio da fórmula aritmética do círculo foi utilizada a área de 0,005m².

4.4 ANÁLISE LABORATORIAL

A sequência metodológica das análises microbiológicas quantitativas e qualitativas desenvolvidas durante a pesquisa está ilustrada na Figura 9.

Depois do período de crescimento na estufa bacteriológica, as colônias desenvolvidas nas placas foram contadas utilizando um contador de colônias (marca Met One 804), onde foram expressas em Unidades Formadoras de Colônia por metro cúbico de ar (UFC/m³).

Figura 9 – Metodologia desenvolvida para as análises microbiológicas de bactérias e fungos

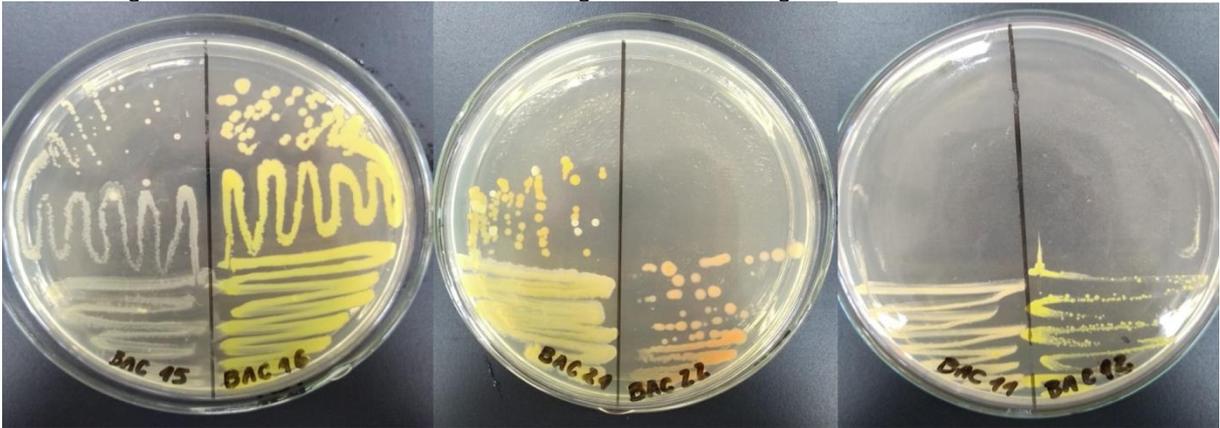


Fonte: Autoria própria (2018).

4.4.1 Isolamento e Análise Morfotintorial das colônias de bactérias

Em seguida ao período de incubação, uma amostra de cada colônia de bactéria distinta visualmente foi transferida com o auxílio de uma alça de inoculação para uma nova placa de Petri contendo meio de cultura PCA, de modo que a quantidade de material presente na alça fosse esgotada de maneira progressiva sob o meio (técnica de esgotamento). Após este procedimento, a placa foi novamente levada à incubadora por 48 horas a 30°C para obtenção de colônias isoladas, caracterizando o método do isolamento (COELHO et al., 2006). Na Figura 10, encontram-se exemplos dos resultados de colônias de bactérias isoladas.

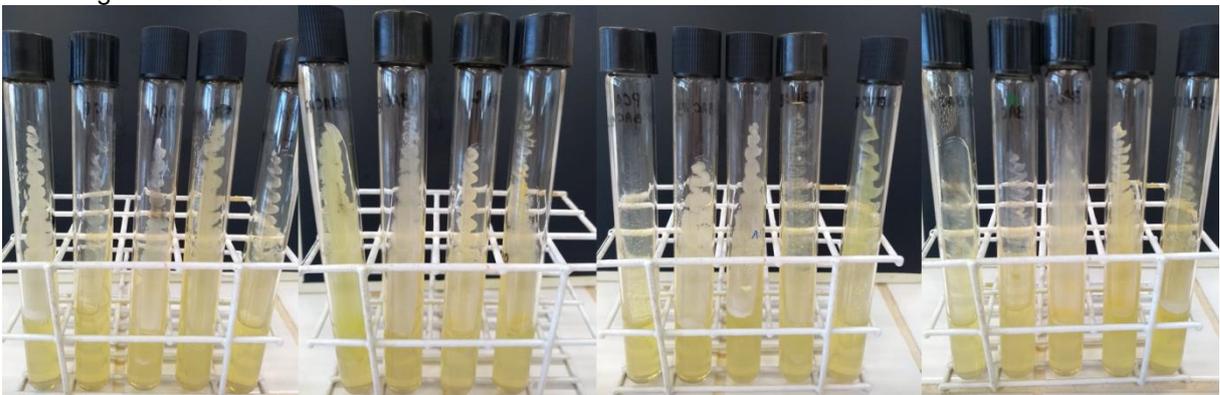
Figura 10– Resultados da técnica de esgotamento em algumas colônias de bactérias



Fonte: Autoria própria (2018).

Para cada colônia isolada, foi preparado um novo meio de cultura sólido, desta vez inclinado em tubos de ensaio a fim de se confirmar o isolamento das colônias (cultura pura). Por meio da Figura 11, é possível observar o crescimento bacteriano nos tubos de ensaio.

Figura 11– Crescimento das colônias bacterianas nos tubos de ensaio com meio inclinado



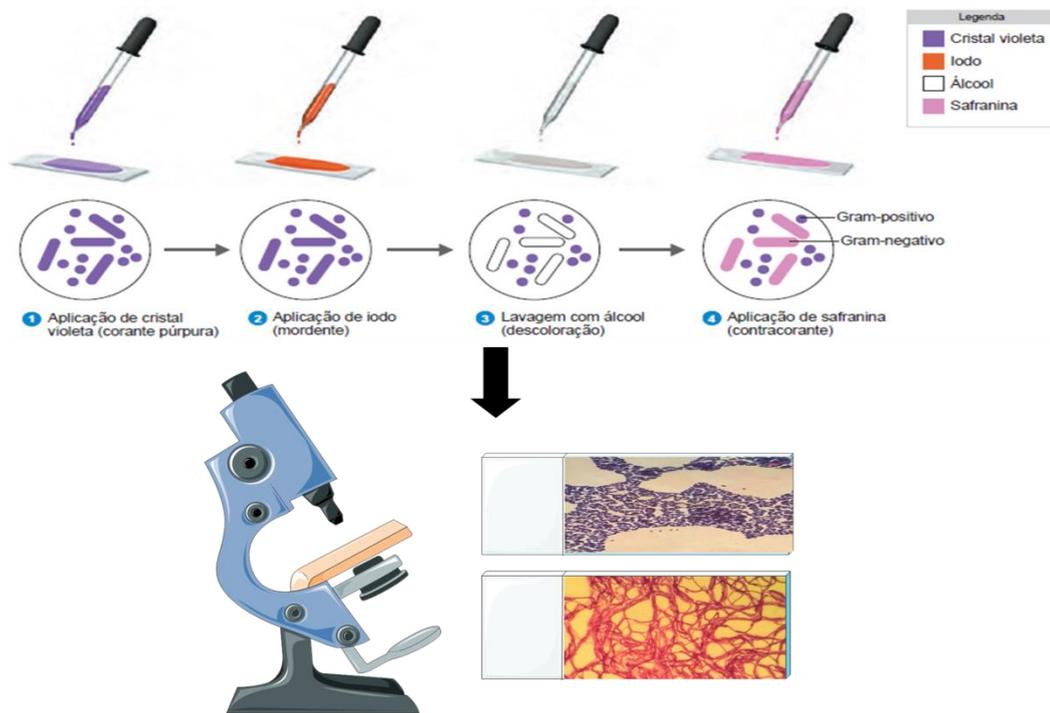
Fonte: Autoria própria (2018).

Posteriormente ao isolamento em colônias puras procedeu-se a análise da morfologia (cocos, bacilos, estafilococos, estreptobacilos, estreptococos) e resposta à coloração de Gram que permitiu classificar as bactérias em Gram positivas e Gram negativas. Seguindo a metodologia descrita por Souto-Padrón et al. (2006).

As colônias desenvolvidas nas placas que foram submetidas à sedimentação espontânea, ainda passaram por caracterização quanto à cor, forma, margem, elevação, superfície e densidade, seguindo a classificação de Rodina (1972).

A Figura 12 ilustra o procedimento de coloração de Gram e posterior observação no microscópio óptico para classificação das bactérias.

Figura 12 – Ordem de processos para coloração de Gram seguida de observação no microscópio



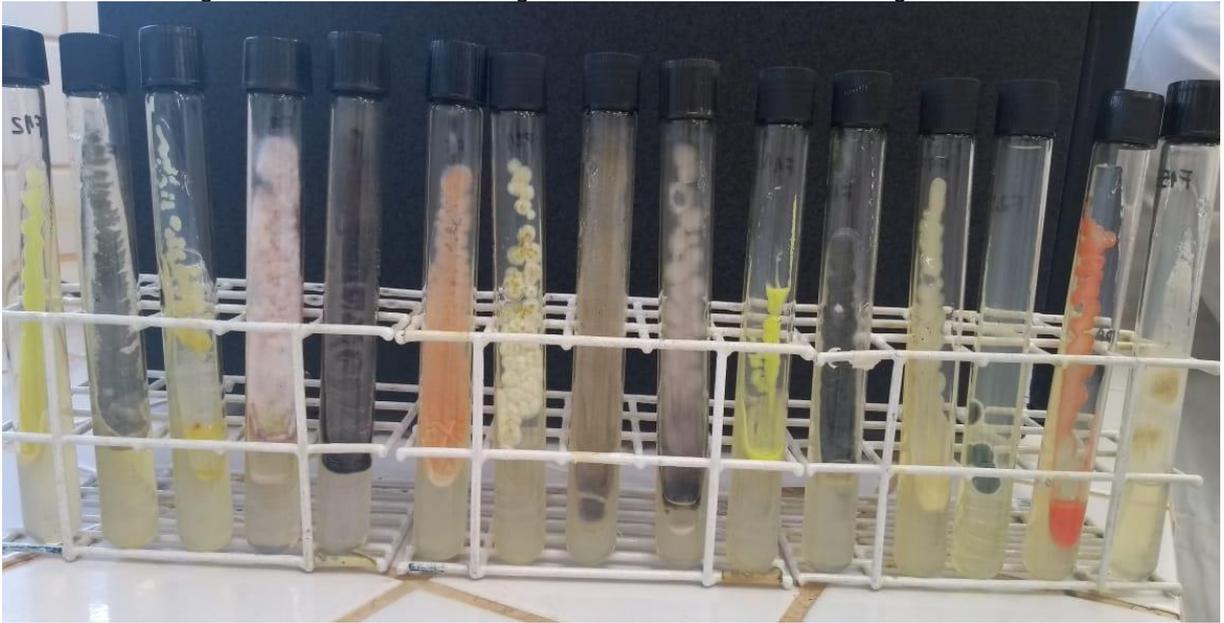
Fonte: Adaptado (Medicine Hack, 2015).

4.4.2 Identificação de fungos filamentosos

Seguida do período de incubação, as colônias de fungos presentes nas placas de Petri, foram contadas utilizando o contador de colônias, onde foram expressas em (UFC/m³) e, aquelas com aparência macroscópica e morfologias diferentes foram isoladas no mesmo meio de cultura sólido inicial (PDA), em tubos de ensaio inclinados. O período de desenvolvimento foi de 5 dias à temperatura de 25°C e a partir de seu crescimento, foram transferidos para a geladeira para posterior análise.

Na Figura 13 pode-se observar o crescimento de fungos em alguns tubos de ensaio.

Figura 13 – Crescimento fúngico nos tubos de ensaio com ágar inclinado

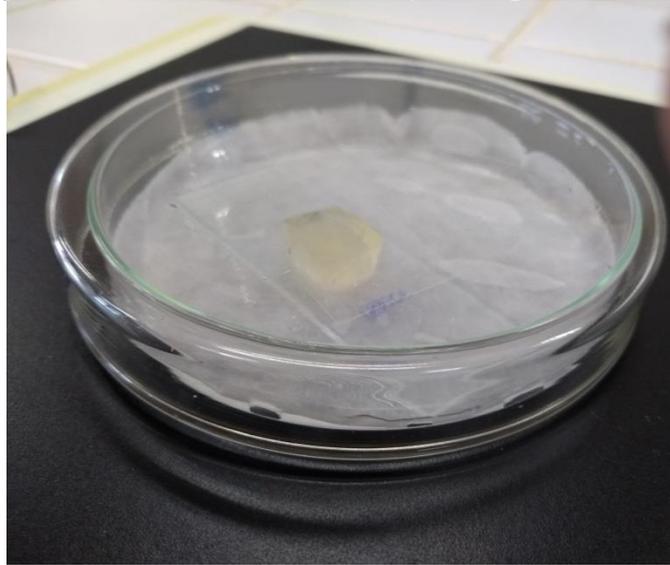


Fonte: Autoria própria (2018).

O processo de identificação de fungos filamentosos após o isolamento nos tubos iniciou-se com a aplicação da técnica de microcultivo, que facilita a visualização das estruturas microscópicas de reprodução, mantendo o arranjo original destas (BRASIL, 2004b).

A técnica determina que seja feita semeadura do fungo em um bloco de ágar de 1 cm² depositado na superfície de uma lâmina de vidro estéril, que foi disposta sobre uma folha de papel filtro também estéril umedecida com água destilada no interior de uma placa de Petri após a inoculação, simulando uma câmara úmida, de forma que a umidade seja mantida durante o crescimento do fungo. A lâmina deve ser recoberta pela lamínula também estéril. O sistema (Figura 14) então permaneceu mantido à temperatura de $25 \pm 1^\circ\text{C}$, por 5 dias.

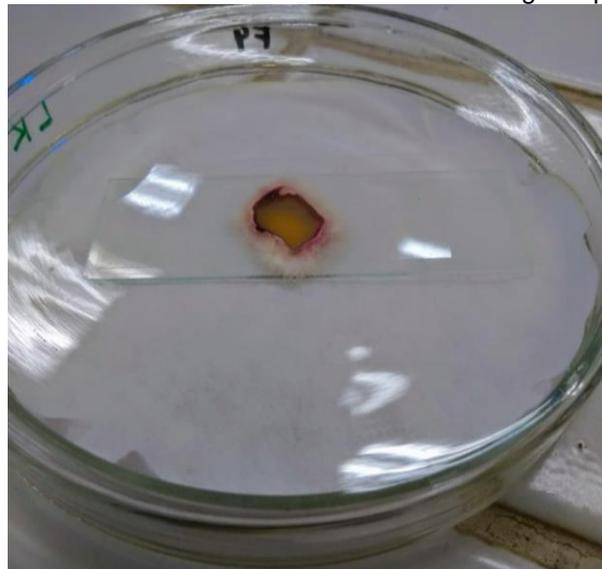
Figura 14 – Sistema de microcultivo para fungos filamentosos



Fonte: Autoria própria (2018).

O crescimento microbiano resultante do microcultivo após 5 dias na estufa em temperatura ambiente pode ser observado na Figura 15.

Figura 15 – Resultado do microcultivo mostrando o crescimento fúngico após período de incubação



Fonte: Autoria própria (2018).

Após o crescimento fúngico, a lamínula foi retirada com cuidado, pois as hifas e esporos do fungo estavam fixados nela. Em seguida, uma gota de corante azul de metileno foi adicionada sobre uma lâmina, onde a lamínula foi cuidadosamente depositada, com o objetivo de facilitar a observação dos esporos e hifas fixados à lâminula. As estruturas de reprodução (tipo, cor da hifa, forma, disposição e formação de esporos) puderam então ser observadas com o auxílio de um microscópio óptico com objetiva de até 40x (BRASIL, 2004b). O material foi

identificado com base na literatura de Quadros (2008), Oliveira (2013) e Santos (2012).

4.5 CAMPANHA DE AMOSTRAGEM

Foram realizadas duas coletas de dados em uma mesma semana no mês de Maio de 2018. A primeira amostragem foi realizada na segunda-feira (14/05) nos períodos da manhã e da tarde, e a outra em uma sexta-feira (18/05) também abrangendo os dois turnos, de forma a seguir um padrão quanto ao período de coleta e evitar que esse fosse um fator de interferência na análise de resultados. Dessa forma, as amostragens iniciaram-se às 10h no período da manhã e às 14h no período da tarde, em ambos os dias.

Compreendendo a estação Outono, a realização da amostragem em dois dias espaçados da mesma semana e em dois períodos distintos, buscou caracterizar as mudanças nas condições dos ambientes internos de acordo com seu uso durante o dia e conseqüentemente, no início e final da semana de trabalho.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção fica explicitado na forma de figuras e tabelas a análise geral dos resultados por meio da amostragem realizada na metal-mecânica, de modo que atenda os objetivos iniciais da pesquisa e tendo como referência os padrões estabelecidos pela RE da ANVISA nº 09/03 para os parâmetros de temperatura, umidade relativa, concentração de CO₂ e contagem de fungos e bactérias, de acordo com a Nota técnica NT-SCE-02, de Portugal (ADENE, 2009).

5.1 CONDIÇÕES DE CONFORTO

Os resultados obtidos pelas medições dos parâmetros de concentração de CO₂, temperatura e umidade relativa, estão dispostos nas Tabelas 4, 5, 6 e 7, separadas por setor de análise e data de coleta. As amostragens foram realizadas mantendo um padrão de horário para ambos os dias, sendo no período da manhã a partir das 10h00 e no período da tarde a partir das 14h00.

Tabela 4 – Dados coletados no setor de Fundição no dia 14 de maio

	PONTOS	CO ₂ (ppm)	UR (%)	TEMPERATURA (°C)		
				Bulbo úmido	Ambiente	Bulbo seco
MANHÃ	PF1	342	48,5	11,8	23,1	16,6
	PF2	361	49,0	14,0	25,6	18,6
	PF3	378	49,3	11,8	23,8	16,2
	PF4	376	40,3	17,2	35,5	22,6
	PF5	316	51,3	12,8	23,1	16,9
	PFE	317	51,4	11,9	22,2	16,1
TARDE	PF1	402	44,2	14,1	27,5	19,1
	PF2	354	38,9	14,5	31,1	20,2
	PF3	314	43,3	13,9	27,1	19,2
	PF4	470	40,7	15,2	30,0	20,5
	PF5	348	47,0	13,9	26,2	18,6
	PFE	321	46,6	14,4	26,8	19,1

Fonte: Autoria própria (2018).

UR – Umidade relativa, PF – Ponto Fundição, PFE – Ponto Fundição Externo

Tabela 5 – Dados coletados no setor de Usinagem no dia 14 de maio

	PONTOS	CO ₂ (ppm)	UR (%)	TEMPERATURA (°C)		
				Bulbo úmido	Ambiente	Bulbo seco
MANHÃ	PU1	421	48,5	12,0	23,4	16,6
	PU2	402	46,9	13,0	25,1	17,7
	PU3	420	46,2	13,5	26,3	18,3
	PU4	325	47,1	13,2	25,5	17,8
	PU5	266	50,7	12,7	23,2	17
	PU6	301	46,2	13,3	25,8	18,1
	PU7	319	44,5	12,6	25,5	17,5
	PU8	546	43,9	13,1	26,4	18,3
	PUE	290	55,1	12,5	21,8	16
TARDE	PU1	550	45,8	14,5	27,0	19,2
	PU2	342	43,6	14,3	27,6	19,3
	PU3	327	45,9	14,7	27,4	19,4
	PU4	415	45,6	14,9	24,7	19,6
	PU5	323	46,3	14,4	27,0	19,1
	PU6	308	46,2	14,4	26,9	19,1
	PU7	372	49,2	14,4	25,7	18,7
	PU8	325	46,5	14,7	27,2	19,3
	PUE	392	46,5	14,8	26,2	18,5

Fonte: Autoria própria (2018).

UR – Umidade relativa, PU – Ponto Usinagem, PUE – Ponto Usinagem Externo

Tabela 6 – Dados coletados no setor de Fundição no dia 18 de maio

	PONTOS	CO ₂ (ppm)	UR (%)	TEMPERATURA (°C)		
				Bulbo úmido	Ambiente	Bulbo seco
MANHÃ	PF1	346	65,5	15,9	23,	18,5
	PF2	390	60,7	17,6	26,5	20,6
	PF3	416	66,3	17,1	23,8	19,6
	PF4	620	55,4	17,8	27,4	20,9
	PF5	325	70,5	17,3	22,8	19,6
	PFE	332	67,7	16,4	22,7	18,9
TARDE	PF1	365	49,3	17,7	29,5	21,9
	PF2	435	43,4	18,3	32,4	22,6
	PF3	375	47,5	17,8	30,1	22
	PF4	379	47,2	17,8	30,6	22,2
	PF5	328	50,9	18,5	29,7	22,1
	PFE	353	51,4	17,3	28,2	21

Fonte: Autoria própria (2018).

UR – Umidade relativa, PF – Ponto Fundição, PFE – Ponto Fundição Externo

Tabela 7 – Dados coletados no setor de Usinagem no dia 18 de maio

	PONTOS	CO ₂ (ppm)	UR (%)	TEMPERATURA (°C)		
				Bulbo úmido	Ambiente	Bulbo seco
MANHÃ	PU1	328	68,0	16,6	22,7	18,9
	PU2	346	69,0	16,5	22,4	18,7
	PU3	310	69,0	16,6	22,6	18,8
	PU4	371	71,3	16,8	22,4	18,9
	PU5	302	74,8	16,6	21,2	18,3
	PU6	315	71,0	16,7	22,2	18,6
	PU7	308	69,0	16,8	22,9	18,9
	PU8	311	71,4	16,6	22,0	18,6
	PUE	292	77,0	16,5	20,7	18,1
TARDE	PU1	380	51,5	17,2	28,0	21,0
	PU2	446	49,3	16,8	28,6	21,0
	PU3	352	52,0	17,7	28,5	21,4
	PU4	317	47,9	16,5	28,7	20,7
	PU5	333	49,6	16,8	28,2	20,8
	PU6	338	51,0	17,6	28,6	21,4
	PU7	335	50,7	17,6	28,8	21,4
	PU8	345	50,8	17,5	28,6	21,4
	PUE	306	52,3	16,7	27,2	20,5

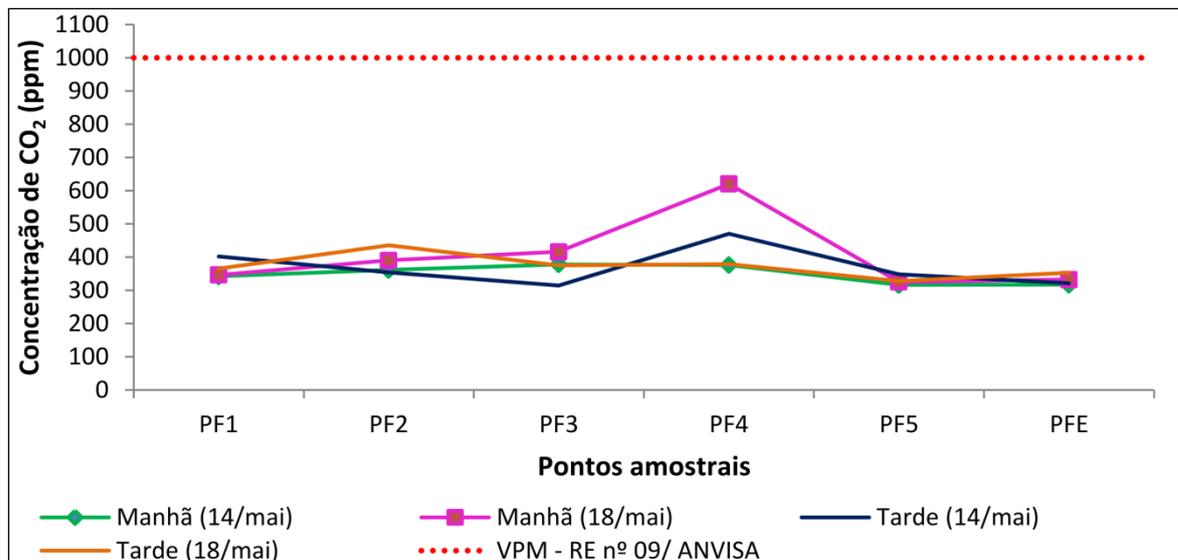
Fonte: Autoria própria (2018).

UR – Umidade relativa, PU – Ponto Usinagem, PUE – Ponto Usinagem Externo

5.1.1 Concentração de CO₂

Segundos Basto (2005), deve-se considerar relevante a importância do monitoramento da concentração de CO₂ nos ambientes interiores, visto que esta é resultado do aumento do metabolismo humano. Na Figura 16 estão apresentadas as concentrações de CO₂ em cada ponto no setor de Fundição.

Figura 16 – Comparação entre os períodos e dias de amostragem no setor de Fundição



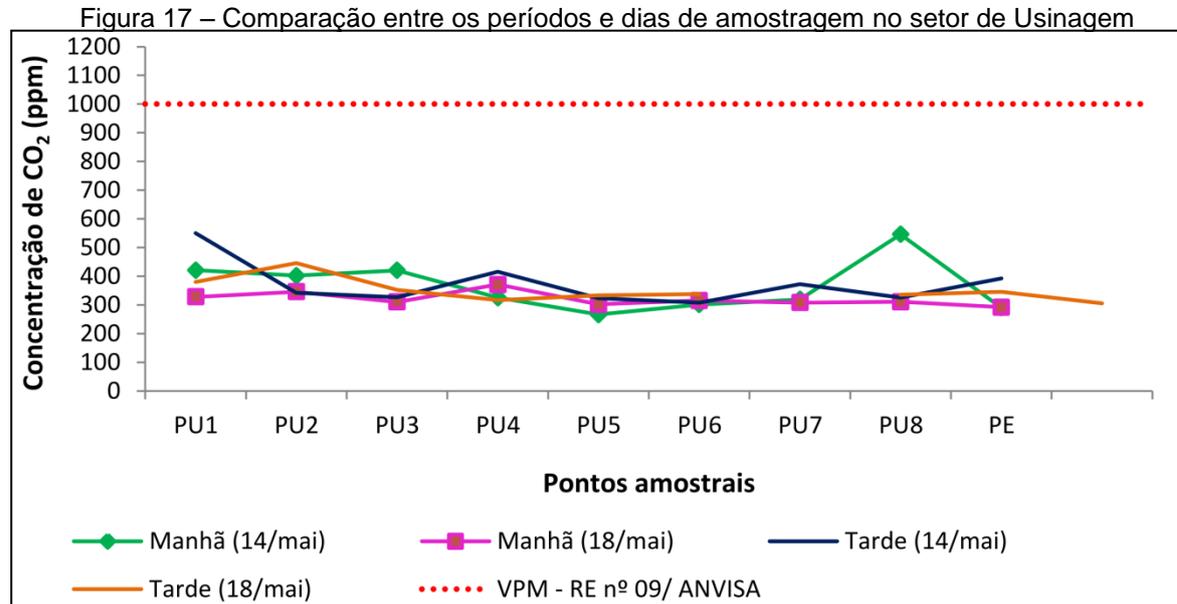
Fonte: Autoria própria (2018).

Inicialmente percebe-se na Figura 16 que em nenhum dos pontos amostrados a concentração ultrapassou o limite de 1.000 ppm estabelecido pela norma em vigência. Entretanto, comparando as concentrações do período da manhã entre os dias 14/05 e 18/05, é possível notar que houve um aumento predominante no ponto PF4, de 244 ppm. Em contrapartida, comparando-se as concentrações do período da tarde de ambos os dias, observa-se que não houve um comportamento semelhante aos períodos da manhã, onde todos os valores do dia 18/05 foram maiores que do dia 14/05, ou seja, os pontos PF2, PF4 e PF5 apresentaram concentrações maiores no dia 14/05 do que no dia 18/05. Os pontos de maior pico, no caso PF2 e PF4 são explicados por se encontrarem em uma área de calor intenso, entre os maçaricos e na fusão, respectivamente.

Em geral, analisando os valores de forma integral, nota-se que não há um contraste muito grande entre as concentrações, isso se deve ao fato de que o aumento na concentração de CO₂ é diretamente proporcional ao metabolismo dos ocupantes, ou seja, como nos dias 14 e 18/05, durante a manhã e tarde os funcionários estavam desenvolvendo atividades no setor, não há uma convergência de valores significativa.

O aumento da concentração de CO₂ no período da tarde pode ser explicado pelo aumento do ritmo e volume das atividades a serem desenvolvidas, conseqüentemente, aumentada pelo metabolismo dos ocupantes. Fato este verificado também por Bordini (2015) que desenvolveu sua pesquisa em sala de aula, considerando um ambiente sem climatização artificial.

Na Figura 17, encontra-se a distribuição das concentrações de CO₂ de acordo com os pontos, no setor de Usinagem.



Assim como no setor de Fundição (Figura 16), o setor de Usinagem (Figura 17) também não ultrapassou o VPM admitido pela RE da ANVISA nº 09/03. Ainda pode-se perceber que os valores apresentaram certa uniformidade entre os pontos amostrados, com uma amplitude menor comparada à Fundição. Em relação ao pico apresentado no PU8, chegou-se à conclusão que o aparelho Analisador de CO₂ apresentou algum tipo de irregularidade no momento da medição, já que o local não apresentava condições diferentes dos outros, à ponto do valor ser tão discrepante dos outros.

O fato dos valores variarem menos um dos outros pode ser explicado pelo tipo de atividade desenvolvida no setor. De acordo com a NR 15/2015, enquanto no setor de Fundição são realizadas atividades de movimento intermitente de levantar e empurrar, sendo classificado como trabalho pesado, o setor de Usinagem é classificado como trabalho moderado por desenvolver funções de pé, com trabalho relativamente leve em máquina ou bancada. Desta forma, o metabolismo dos funcionários do setor de Fundição é diferente do metabolismo dos funcionários da Usinagem, podendo explicar a “uniformidade” dos valores apresentados na Figura 17.

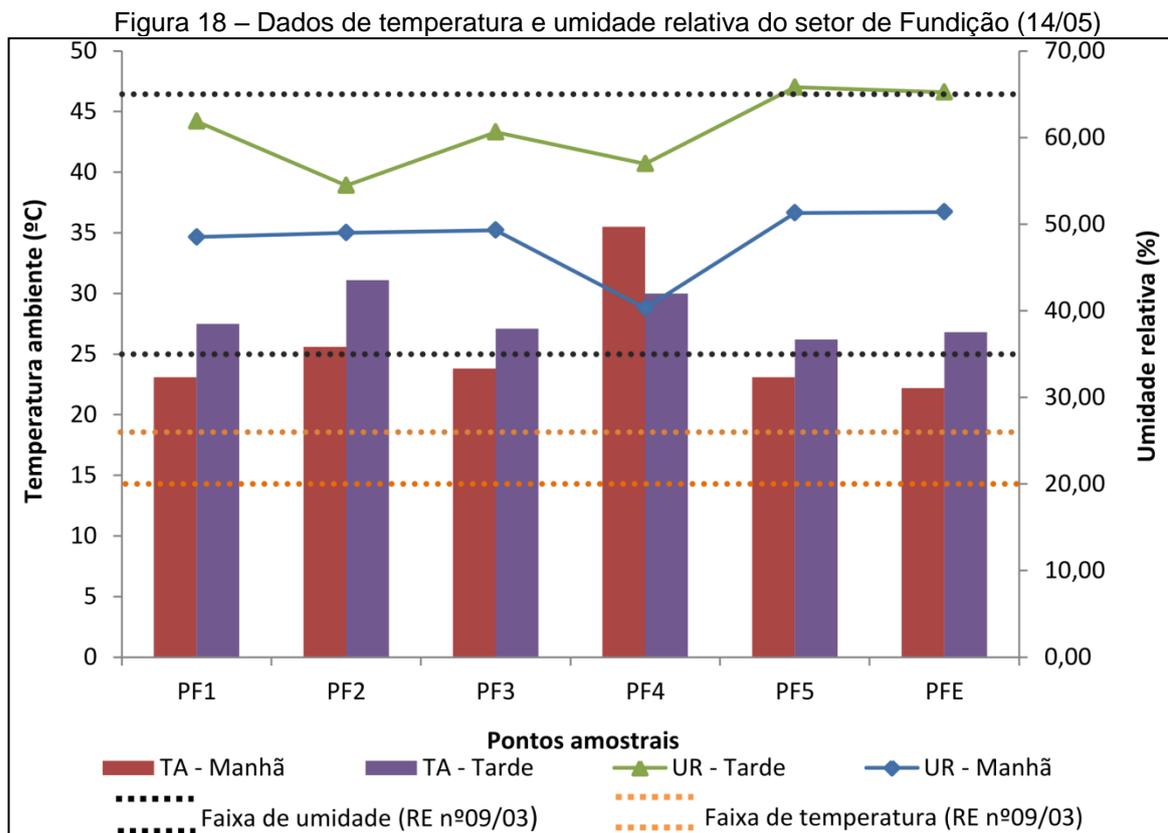
5.1.2 Temperatura e umidade relativa

Os dados obtidos nas medições de temperatura e umidade relativa podem ser observados nas Figuras 18, 19, 20 e 21, estando separados por setor e dia de amostragem.

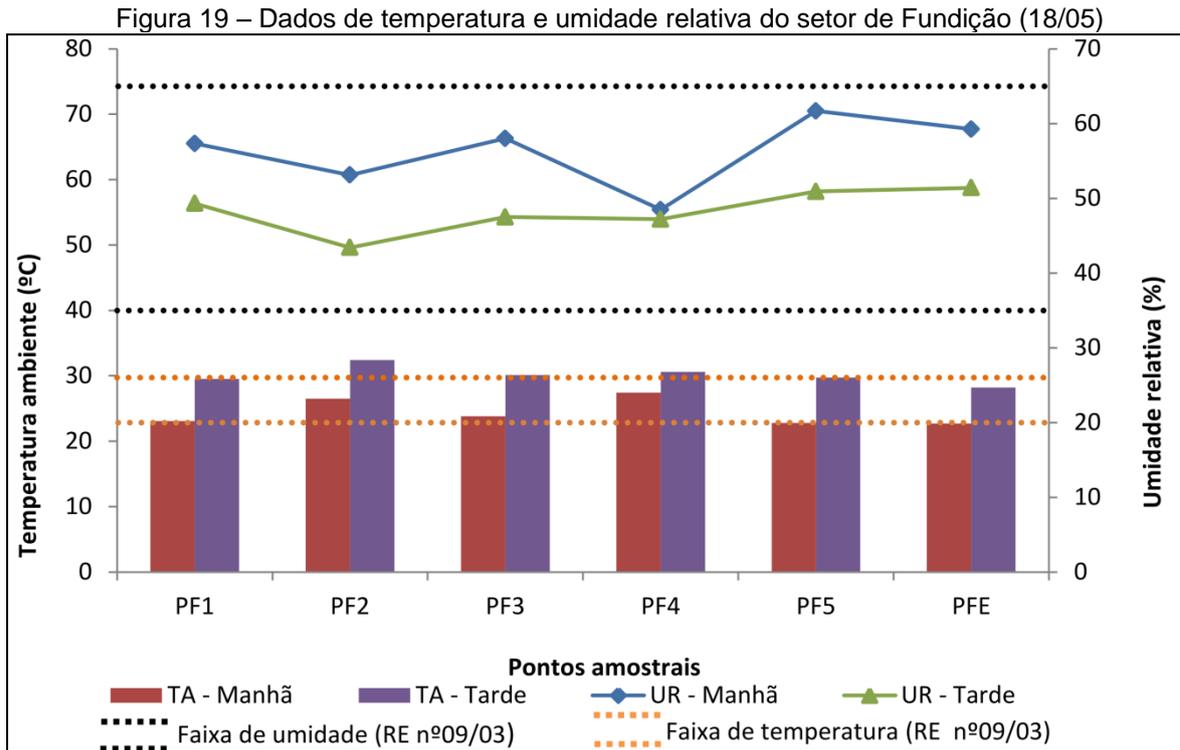
Considerando que a RE da ANVISA nº 09/03 determina faixa de valores permissíveis para temperatura e umidade de acordo com as estações de Verão e Inverno, e que o presente estudo ocorreu no Outono, considerou-se então os valores extremos das estações de Verão e Inverno para cada parâmetro, ou seja:

- Umidade relativa 30 – 65%
- Temperatura 20 – 26°C

Nas Figuras 18 e 19 estão representados os resultados obtidos para o setor de Fundição nos dias 14/05 e 18/05, respectivamente, assim como a faixa mínima e máxima adotada para temperatura e umidade.



TA – Temperatura ambiente, UR – Umidade relativa



TA – Temperatura ambiente, UR – Umidade relativa

A partir da Figura 18 é possível verificar que em todos os pontos a temperatura máxima foi extrapolada, tanto no período da manhã, quanto da tarde, ou seja, em desacordo com o valor máximo permitido pela RE da ANVISA nº 09/03. Os maiores valores apresentados no PF2 e PF4 se deram devido à proximidade com as painéis contendo ferro fundido, sendo próximas ao maçarico e do ponto fusão.

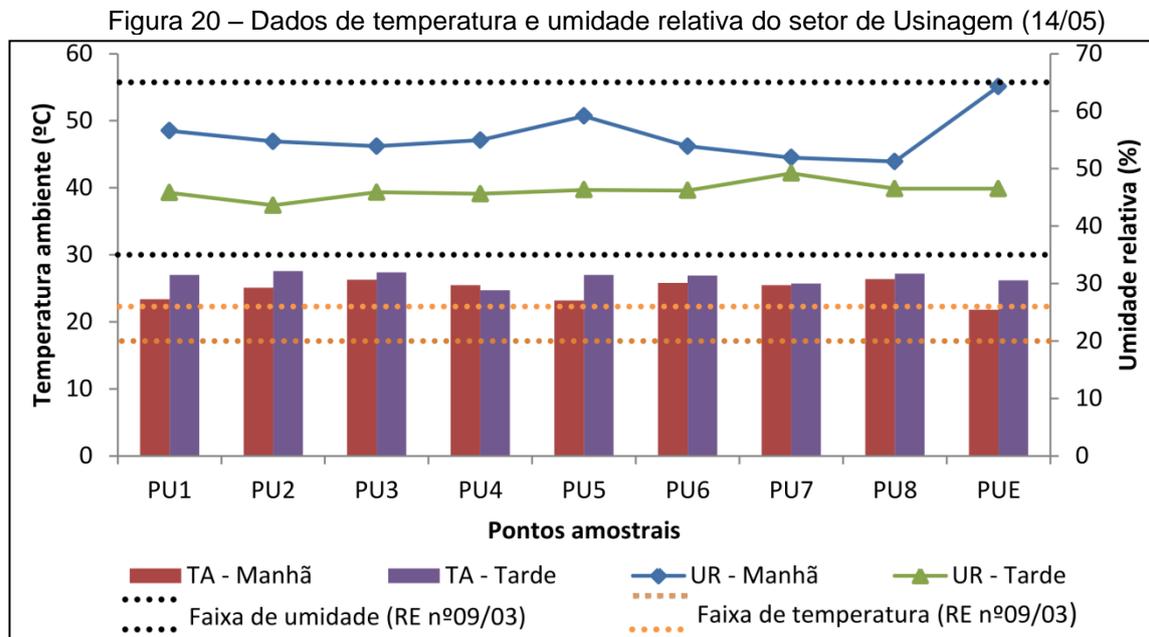
Já na Figura 19, percebe-se que as temperaturas ficaram mais próximas da faixa máxima admitida pela Resolução. No período da tarde apenas PF2 e PF4 extrapolaram a faixa permitida.

Comparando as amostragens, pode-se observar que o dia 14/05 (Figura 18) apresentou temperaturas maiores em relação ao dia 18/05 (Figura 19), isso pode ser explicado pela precipitação que ocorreu no dia 16/05, fazendo com que as temperaturas caíssem. A temperatura média no dia 16/05 foi de 19,3°C, havendo uma precipitação de 4,2 mm (IAPAR, 2018).

Por sua vez, a umidade relativa permaneceu dentro da faixa padrão considerada pela RE nº09/03 indicando um ambiente de trabalho em boas condições, visto que valores fora da faixa permissível podem ocasionar irritação no sistema respiratório, em casos de baixas concentrações, ou favorecimento para

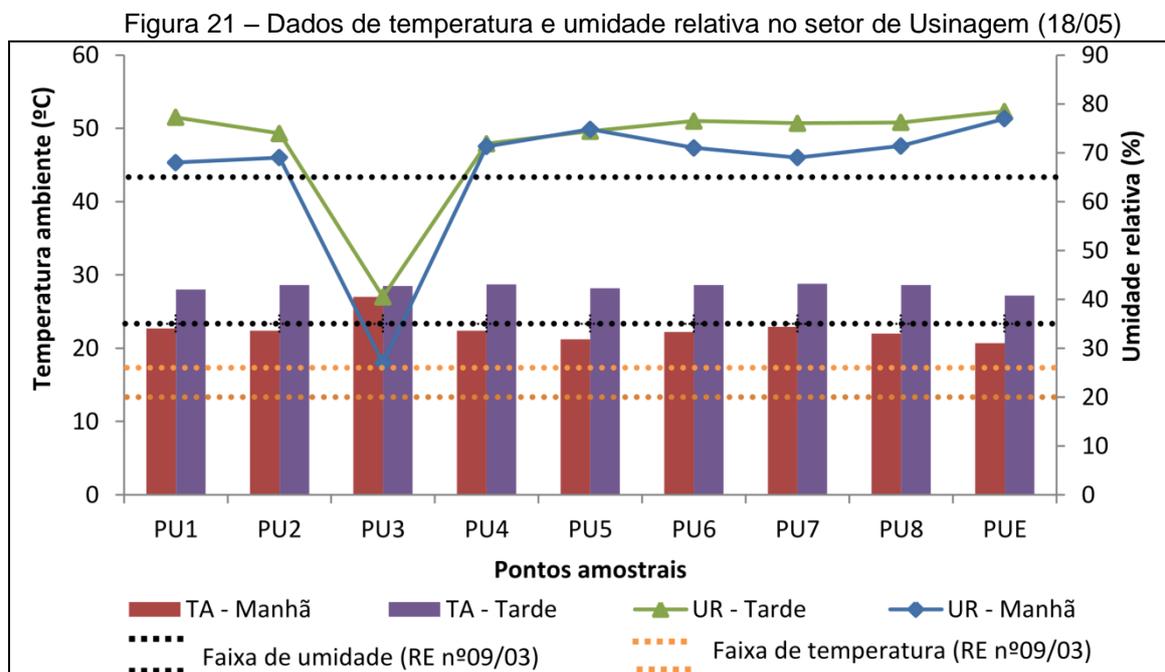
crescimento microbiano, em casos de concentrações elevadas (CERQUEIRA; FILHO, 2017).

Observa-se nas Figuras 20 e 21, o comportamento dos parâmetros de temperatura e umidade relativa no setor de Usinagem nos dias de coleta.



Fonte: Autoria própria (2018).

TA – Temperatura ambiente, UR – Umidade relativa



Fonte: Autoria própria (2018).

TA – Temperatura ambiente, UR – Umidade relativa

Assim como no setor de Fundição, o setor de Usinagem apresentou todos os pontos ultrapassando a faixa máxima de temperatura estipulada pela resolução, para ambos os dias. Destacando o período da tarde no dia 18/05, onde os valores acima do permitido variaram de 5,9°C a 6,8°C em relação ao período da manhã.

Na Figura 20, é possível constatar-se que os valores de umidade relativa em todos os pontos permaneceram dentro do permitido pela RE nº 09/03. Entretanto, na Figura 21 apenas o ponto PU3 está de acordo com a norma, sendo os outros considerados fora da faixa permissível, embora neste ponto supôs-se que tenha havido um erro na medição, considerando que não houve nenhum fator em específico que explicasse este comportamento.

Para obtenção de valores reais de temperatura é indicado o uso de câmaras termográficas.

A Tabela 8 mostra de maneira sucinta o comportamento dos parâmetros temperatura, umidade e concentração de CO₂ em ambos os setores de acordo com o determinado pela norma vigente (RE nº09/03), acompanhado da porcentagem dos pontos que apresentaram conformidade diante da Resolução.

Tabela 8 – Síntese dos parâmetros analisados de acordo com a RE da ANVISA nº09/03

	Parâmetro	Mínimo	Médio	Máximo	Nº de amostras	VPM	NC	%NC
FUNDIÇÃO	Temperatura (°C)	21,8	27,4	35,5	20	20 – 26	13	65
	UR (%)	38,9	50,5	70,5	20	35 – 65	3	15
	CO ₂ (ppm)	314	378,1	620	20	1000	0	0
USINAGEM	Temperatura (°C)	20,7	25,7	32,4	32	20 – 26	16	50
	UR (%)	43,6	53,4	74,8	32	35 – 65	8	25
	CO ₂ (ppm)	266	356,2	550	32	1000	0	0

Fonte: Autoria própria (2018).

UR – Umidade relativa, VPM – Valor máximo permitido, NC – Não conformidade

Analisando os dados apresentados na Tabela 9 percebe-se que a concentração de CO₂ manteve-se de acordo em ambos os setores, e que tanto o setor de Fundição, como o de Usinagem, apresentaram os valores dos parâmetros físicos – umidade e temperatura, com uma porcentagem final de 75% das amostras fora do permitido pela legislação em vigor (RE nº09/03). Desta forma, é possível concluir que os dois setores apresentam condições de desconforto podendo interferir diretamente na saúde dos funcionários e no rendimento de seu trabalho.

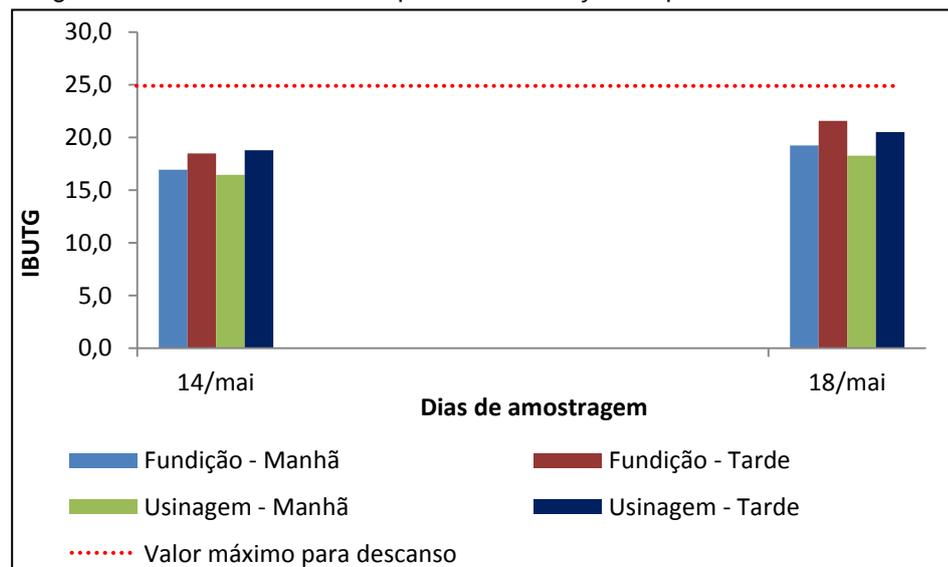
O cálculo do IBTUG serve como uma forma de caracterizar ambientes considerados insalubres pelo que admite a NR 15/2015. No caso do setor de Fundição, especificamente, deve-se maior atenção pelo tipo de atividade realizada, que é considerada como trabalho pesado. No Quadro 7, estão dispostos os valores de IBTUG calculados para ambos os dias de amostragem e separados por período. Na Figura 22, é possível observar melhor a variação desses valores.

Quadro 7 - Valores de IBTUG para cada setor, período e data de coleta

		14/mai	18/mai
Fundição	Manhã	16,9	19,2
	Tarde	18,5	21,6
Usinagem	Manhã	16,5	18,3
	Tarde	18,8	20,5

Fonte: Autoria própria (2018).

Figura 22 – Valores de IBTUG para determinação de período de descanso



Fonte: Autoria própria (2018).

O intuito de relacionar os valores de IBTUG com o tipo de atividade realizada no setor de Fundição é determinar se há necessidade de um período de descanso considerando as funções exercidas em alta temperatura. O limite disposto pela norma para atividades pesadas é de até 25 IBTUG, desta forma, correlacionando os dados da Figura 22, a NR 15/2015 admite trabalho contínuo, sem intervalos para este caso.

5.2 DETERMINAÇÃO DOS PARÂMETROS MICROBIOLÓGICOS

5.2.1 Bactérias

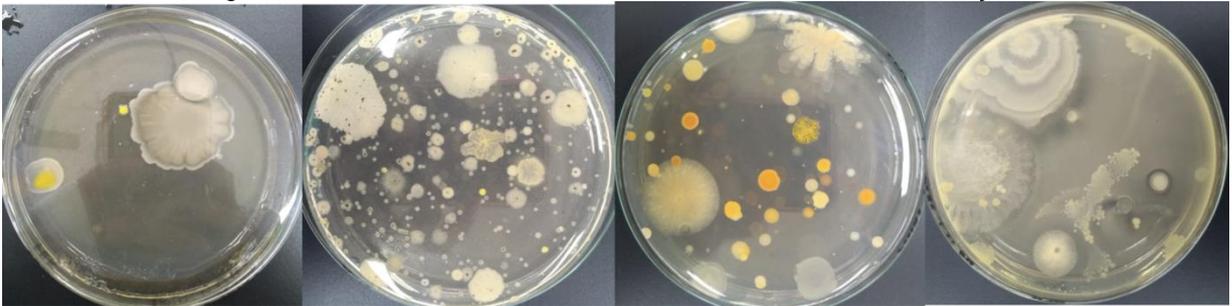
Nas Figuras 23 e 24, estão dispostas algumas placas representando o ambiente interno do setor de Usinagem e Fundição, respectivamente.

Figura 23– Placas com crescimento bacteriano no setor de Usinagem



Fonte: Autoria própria (2018).

Figura 24– Placas com crescimento bacteriano no setor de Fundição



Fonte: Autoria própria (2018).

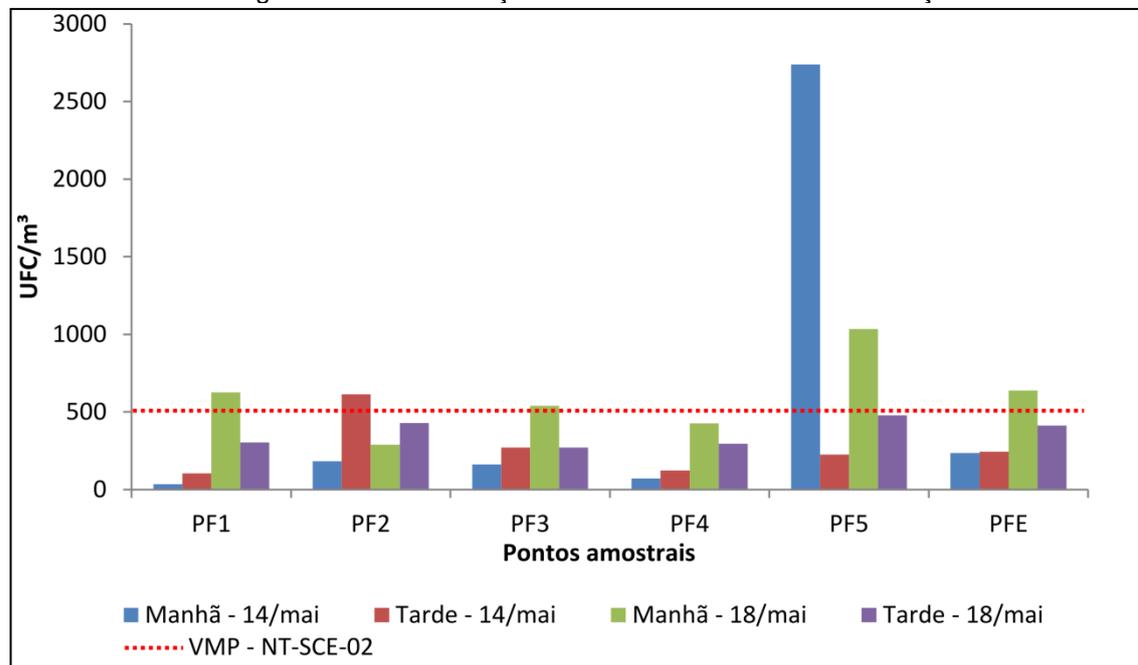
Na Tabela 9, estão representados os valores médios de UFC/m³ nos setores de Fundição e Usinagem, de acordo com a data de coleta, assim como seus desvios padrões, e na Figura 25 e 26 é possível observar com mais clareza a distribuição destes valores.

Tabela 9 - Número de UFC/m³ na primeira e segunda coletas nos setores de Fundição e Usinagem

		14/mai		18/mai	
		Manhã	Tarde	Manhã	Tarde
FUNDIÇÃO	PF1	35 ± 3	104 ± 3	626 ± 4,2	304 ± 9,9
	PF2	183 ± 1,4	613 ± 4,9	290 ± 1,5	429 ± 4,2
	PF3	162 ± 5,9	270 ± 4,2	539 ± 7,1	270 ± 4
	PF4	72 ±	122 ± 4,6	426 ± 2,6	296 ± 8,3
	PF5	2.739 ± 29,5	226 ± 3	1.035 ± 4,2	478 ± 4,2
	PFE	235 ± 1,4	243 ± 4,2	639 ± 26,2	412 ± 26,2
USINAGEM	PU1	57 ± 7,8	422 ± 2,1	125 ± 14,1	125 ± 5,9
	PU2	145 ± 3,5	235 ± 4,2	64 ± 5,7	64 ± 2,5
	PU3	752 ± 26,2	3239 ± 17,7	180 ± 2,1	180 ± 2,8
	PU4	117 ± 0,7	1026 ± 11,3	783 ± 1,4	783 ± 26,9
	PU5	165 ± 7,1	371 ± 2,1	1152 ± 2,8	1.152 ± 81,3
	PU6	57 ± 2,1	2.322 ± 53,7	232 ± 0,7	270 ± 6,4
	PU7	370 ± 3,5	2.657 ± 6,4	3.761 ± 17,7	3.413 ± 60,1
	PU8	343 ± 23,3	2.557 ± 50,9	3.030 ± 64,3	2.986 ± 92,9
PUE	145 ± 1,5	255 ± 4,9	674 ± 30,4	639 ± 16,3	

Fonte: Autoria própria (2018).

PF- Ponto fundição, PFE – Ponto fundição externo, PU – Ponto usinagem, PUE – Ponto usinagem externo

Figura 25 – Quantificação das UFCs/m³ no setor de Fundição

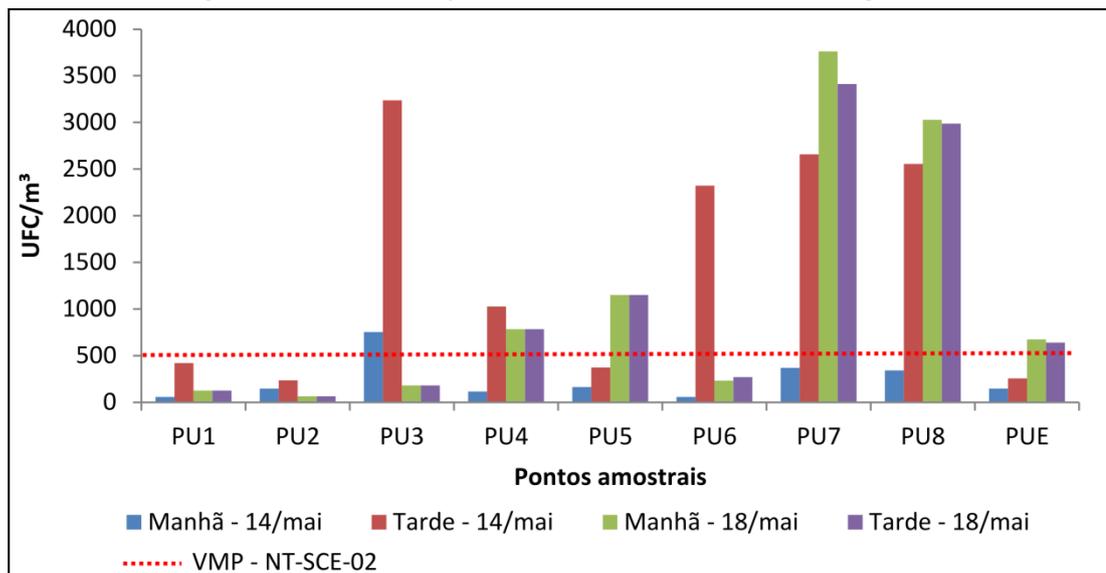
Fonte: Autoria própria (2018).

PF – Ponto fundição, PFE – Ponto fundição externo, VMP – Valor máximo permitido

A análise da Figura 25 permite perceber que de maneira geral, o número de UFCs/m³ na maioria dos pontos amostrados estava abaixo de 500 UFCs/m³. O ponto PF5 foi o que apresentou nas manhãs do dia 14/05 e 18/05 valores superiores aos valores máximos permitidos segundo NT-SCE-02 (ADENE, 2009). Este resultado

está associado ao tipo de atividade executada neste local, que seria a de moldagem. A máquina responsável pelo processo de moldagem faz com que partículas de poeira sejam levantadas e permaneçam suspensas no ar. Desta forma, com as placas em exposição, grande número dessas partículas podem ter sido depositadas no meio, servindo como substrato para o desenvolvimento de bactérias e fazendo com que o desenvolvimento microbiano fosse maior neste ponto.

Figura 26 – Quantificação das UFCs/m³ no setor de Usinagem



Fonte: Autoria própria (2018).

PU – Ponto usinagem, PUE – Ponto usinagem externo, VMP – Valor máximo permitido

O setor de Usinagem apresentou dos 8 pontos analisados, 6 com valores superiores a 500 UFC/m³.

Ao contrário do comportamento observado na Fundição, o setor de Usinagem apresentou valores de UFC/m³ maiores, demonstrando um ambiente com maiores condições de desenvolvimento microbiológico. A explicação para esse acontecimento segundo Pereira (2001) pode ser devido ao fato do ambiente ser mais úmido, aumentando a velocidade de proliferação e de crescimento microbiano visto que nesse ambiente há o contato com fluido de corte, que durante o processo acabam formando gotículas que se espalham pelo ar trazendo com elas microrganismos.

Tomando como base a NT-SCE-02 (ADENE, 2009) de Portugal que determina como valor máximo para bactérias 500 UFC/m³, é possível concluir que um número expressivo de amostras comparado ao setor de Fundição, extrapolou a faixa permitida. Os pontos PU7 e PU8 merecem destaque para os maiores valores de

UFC/m³, uma explicação para isso são as atividades envolvendo fluido de corte nas máquinas MCI25 e MCI26, aumentando a chance de desenvolvimento de novas colônias.

Dentre as 180 placas contendo meio PCA, 28 colônias foram selecionadas para serem isoladas. A escolha destas se deu pelas características macroscópicas diferentes, porém ainda, buscando caracterizar os setores de fundição e usinagem.

No Quadro 8 estão dispostos os resultados qualitativos das colônias de bactérias que passaram por isolamento.

Depois da quantificação e caracterização, as bactérias foram isoladas em placas de Petri contendo meio PCA utilizando a técnica de estriamento, e ainda isoladas em tubos de ensaio com meio inclinado, para então passarem pelo processo de coloração de Gram. Como resultado verificou-se 36% de bactérias Gram positivas e 64% de bactérias Gram negativas.

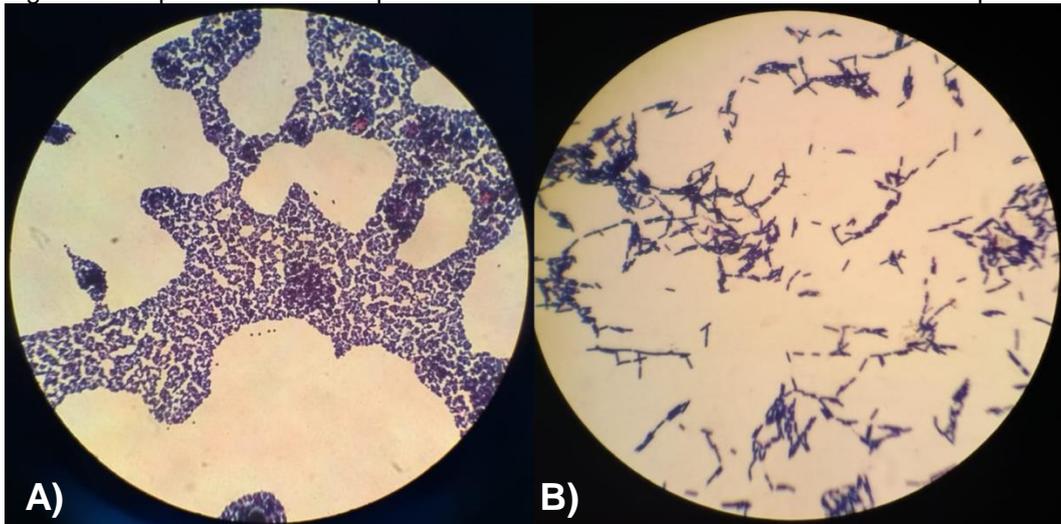
Nas Figuras 27 e 28 estão representados alguns resultados da coloração de Gram de isolados, com suas respectivas morfologias.

Quadro 8 - Caracterização morfológica das bactérias isoladas

	LOCAL	COR	FORMA	MARGEM	ELEVAÇÃO	DENSIDADE	SUPERFÍCIE
1	Usinagem	Esbranquiçada	Rizóide	Lobular	Achatada	Translúcida	Embaçada
2	Usinagem	Mostarda	Circular	Regular	Côncava	Transparente	Cremoso
3	Usinagem	Degrade laranja	Irregular	Ondulada	Achatada	Transparente	Embaçada
4	Usinagem	Alaranjada	Circular	Regular	Elevada	Transparente	Rugosa
5	Usinagem	Esbranquiçada	Filamentosa	Filamentosa	Achatada	Transparente	Embaçada
6	Usinagem	Esbranquiçada	Puntiforme	Irregular	Levemente elevada	Opaca	Granular
7	Usinagem	Esbranquiçada	Irregular	Irregular	Achatada	Opaca	Embaçada
8	Usinagem	Degrade laranja	Circular	Regular	Centro elevado	Opaca	Cremoso
9	Usinagem	Branca	Irregular	Irregular	Achatada	Opaca	Cremoso
10	Usinagem	Creme	Circular	Regular	Domo	Opaca	Embaçada
11	Fundição	Rosa	Rizóide	Lobular	Achatada	Opaca	Rugosa
12	Fundição	Amarelo gema	Circular	Regular	Domo	Opaca	Cremoso
13	Fundição	Laranja claro	Circular	Regular	Achatada	Opaca	Cremoso
14	Usinagem	Amarelo claro	Circular	Regular	Domo	Opaca	Cremoso
15	Usinagem	Rosa claro	Circular	Regular	Centro elevado	Opaca	Cremoso
16	Fundição	Amarelo fosco	Irregular	Lobular	Achatada	Opaca	Embaçada
17	Fundição	Amarelo	Puntiforme	Irregular	Achatada	Opaca	Embaçada
18	Fundição	Esbranquiçada	Circular	Irregular	Achatada	Opaca	Embaçada
19	Fundição	Rosa	Circular	Regular	Elevada	Opaca	Cremoso
20	Fundição	Laranja	Puntiforme	Irregular	Achatada	Opaca	Granular
21	Usinagem	Mostarda	Irregular	Irregular	Elevada nas margens	Translúcida	Rugosa
22	Usinagem	Avermelhada	Circular	Regular	Achatada	Transparente	Brilhante
23	Usinagem	Laranja + amarela	Irregular	Irregular	Elevada	Opaca	Cremoso
24	Usinagem	Amarelo	Irregular	Irregular	Protuberante	Opaca	Rugosa
25	Usinagem	Esbranquiçada	Circular	Regular	Achatada	Transparente	Embaçada
26	Usinagem	Creme	Irregular	Irregular	Protuberante	Opaca	Rugosa
27	Usinagem	Vermelha	Circular	Regular	Côncava	Translúcida	Cremoso
28	Usinagem	Degrade laranja	Circular	Regular	Achatada	Transparente	Brilhante

Fonte: Autoria própria (2018).

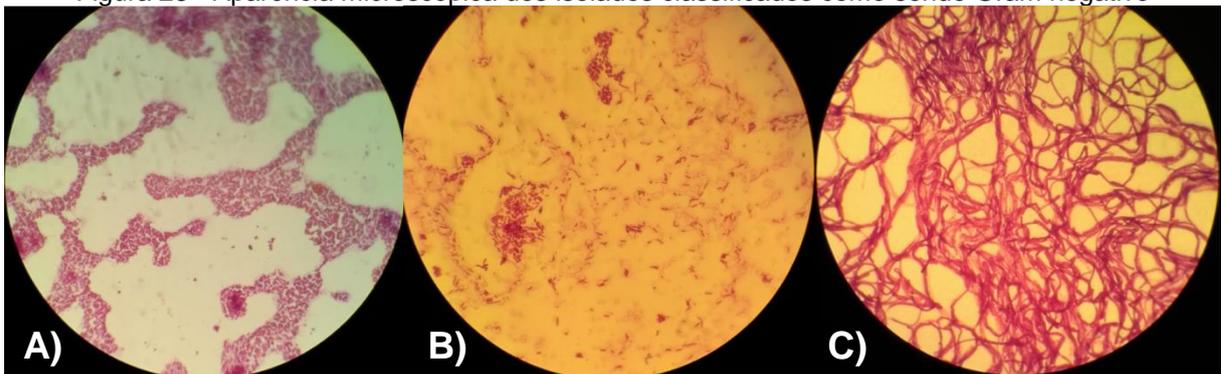
Figura 27 - Aparência microscópica dos isolados classificados como sendo Gram positivo



Fonte: Autoria própria (2018).

A) Estafilococos, B) Bacilos

Figura 28 - Aparência microscópica dos isolados classificados como sendo Gram negativo



Fonte: Autoria própria (2018).

A) Estafilococos, B) Bacilos, C) Estreptococos

Na Tabela 10, podemos observar a distribuição em número e porcentagem das bactérias isoladas em questão de morfologia e caracterização.

Tabela 10 – Resultados do isolamento quanto à caracterização e morfologia das bactérias

Morfologia	Coloração de Gram			
	POSITIVO		NEGATIVO	
	nº	%	nº	%
Bacilos	4	40	5	33,3
Estafilococos	6	60	11	61,1
Estreptobacilos	0	0	2	11,1

Fonte: Autoria própria (2018).

Os resultados da Tabela 10 demonstram que 36% foram identificadas como Gram positivas e 64% como Gram negativas, ou seja, houve predominância destas.

De acordo com Lopes et al. (2014), as bactérias Gram negativas estão relacionadas a doenças infecciosas e ainda se apresentam mais resistentes, ou seja, tem relação direta com a saúde dos funcionários. Não foram identificadas bactérias Gram positivas com o arranjo de estreptobacilos.

Não foram realizadas análises à título de identificação de gêneros ou espécies, visto que este não foi o foco do trabalho.

5.2.2 Fungos filamentosos

Também conhecidos como fungos anemófilos, são característicos para cada região, visto que são dispersos nos ambientes por meio da ação do vento, atividades praticadas pelo homem, por animais ou mobília de interiores (MEZZARI, 2003).

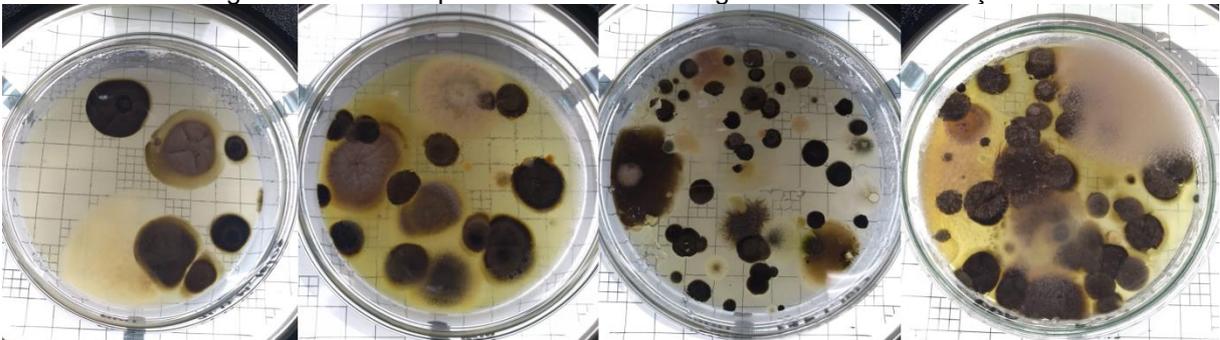
Estão ilustrados nas Figuras 29 e 30, algumas placas de Petri com crescimento fúngico após amostragem passiva e posterior incubação, de acordo com os setores e dias de coleta.

Figura 29– Placas após crescimento de fungos no setor de Usinagem



Fonte: Autoria própria (2018).

Figura 30- Placas após crescimento de fungos no setor de Fundição



Fonte: Autoria própria (2018).

As Figuras 29 e 30 estão dispostas de forma que as duas primeiras representam o dia 14/05 e as duas últimas o dia 18/05, confirmando um acúmulo de bioaerossóis presentes no ambiente, no decorrer da semana.

Na Tabela 11 e nas Figuras 31 e 32, estão dispostos os valores médios e desvio padrão de UFC/m³ separados por dia e setor de amostragem, assim como a faixa máxima recomendável pela RE n^o09/03 da ANVISA (BRASIL, 2003).

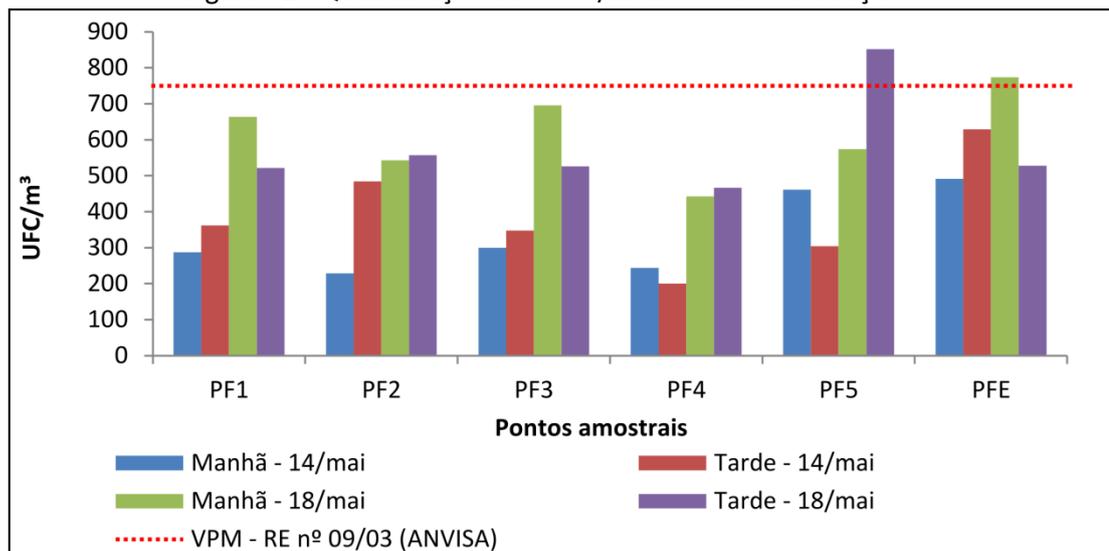
Tabela 11 – Número de UFC/m³ na primeira e segunda coletas no setor de Fundição e Usinagem

		14/mai		18/mai	
		Manhã	Tarde	Manhã	Tarde
FUNDIÇÃO	PF1	274 ± 2,8	362 ± 5,7	664 ± 2,1	522 ± 5,7
	PF2	229 ± 1,5	484 ± 5,8	543 ± 3,5	557 ± 4,2
	PF3	300 ± 5,5	348 ± 6,1	696 ± 3,0	526 ± 3,5
	PF4	243 ± 1,4	200 ± 5,6	443 ± 4,2	467 ± 4,5
	PF5	461 ± 4,0	304 ± 5,6	574 ± 8,5	852 ± 9,9
	PFE	491 ± 4,9	629 ± 4,2	774 ± 12,7	528 ± 4,7
USINAGEM	PU1	174 ± 5,7	272 ± 4,5	99 ± 2,9	330 ± 6,4
	PU2	96 ± 2,6	235 ± 5,3	212 ± 2,1	374 ± 3,5
	PU3	426 ± 5,7	180 ± 3,5	143 ± 3,5	478 ± 5,0
	PU4	258 ± 4,0	261 ± 1,4	214 ± 4,9	348 ± 4,6
	PU5	626 ± 5,7	565 ± 5,7	217 ± 4,2	394 ± 3,8
	PU6	261 ± 2,6	246 ± 1,5	213 ± 2,1	461 ± 2,6
	PU7	357 ± 1,4	500 ± 3,5	151 ± 4,2	435 ± 5,7
	PU8	412 ± 5,5	261 ± 1,0	203 ± 3,5	423 ± 4,9
	PUE	325 ± 2,3	296 ± 4,2	348 ± 0,7	81 ± 4,6

Fonte: Autoria própria (2018).

PF – Ponto fundição, PFE – Ponto fundição externo PU – Ponto usinagem, PUE – Ponto usinagem externo

Figura 31– Quantificação das UFCs/m³ no setor de Fundição

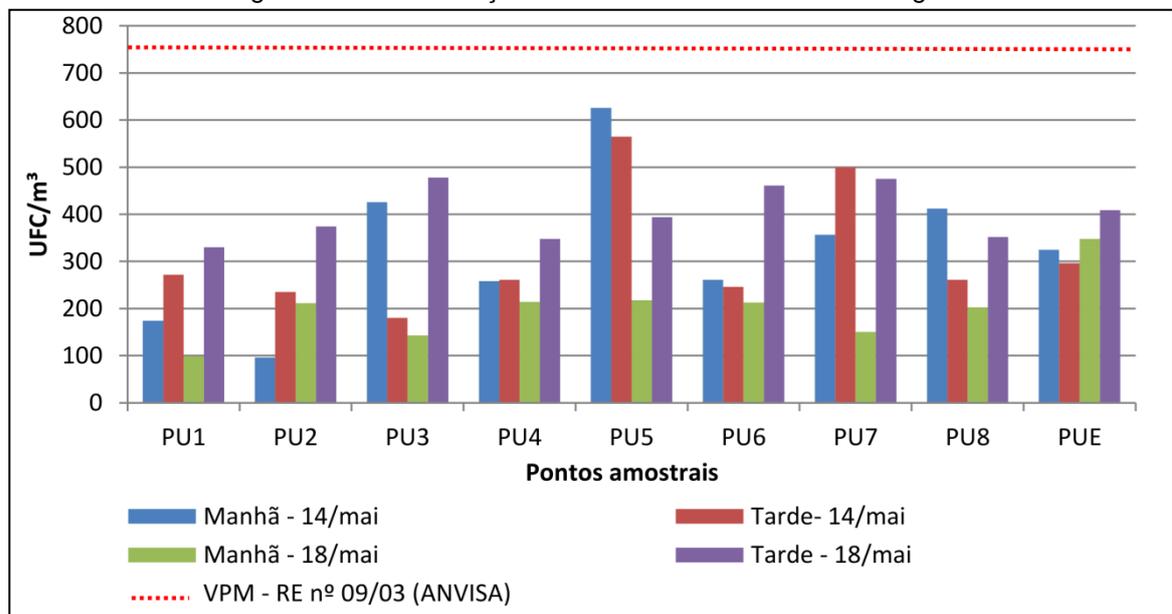


Fonte: Autoria própria (2018).

PF – Ponto fundição, PFE – Ponto fundição externo

De acordo com os dados na Tabela 11, nota-se que apenas o ponto PF5 excedeu ao limite determinado pela RE nº09/03 da ANVISA de 750 UFC/m³ em ambientes internos. Esse pico é explicado pelo tipo de atividade realizada nesse ponto, que estava mais intensa neste período. No PF5 realiza-se o processo de moldagem do material, atividade que desencadeia a suspensão de material particulado, formando uma névoa. Dessa maneira, assim como foi o caso com as bactérias, a alta concentração de partículas no ar fez com que o crescimento fosse significativamente maior neste ponto.

Figura 32 - Quantificação das UFCs/m³ no setor de Usinagem



Fonte: Autoria própria (2018).

PU – Ponto usinagem, PUE – Ponto usinagem externo, VPM – valor máximo permitido

No setor de Usinagem, nenhum ponto ultrapassou o VPM admitido pela norma, desta forma, encontrava-se adequado.

De maneira geral, por meio das Figuras 31 e 32 e Tabela 12, é possível concluir que o maior crescimento fúngico se deu no setor de Fundição em 18/05, seguido pelo setor de Usinagem em 14/05.

Na Tabela 12, encontram-se os valores da relação I/E de fungos resultantes das análises feitas nos setores de Fundição e Usinagem, nos dois dias de coleta.

Tabela 12 – Relação I/E de acordo com setor, período e dia de amostragem

		14/mai		18/mai	
		Manhã	Tarde	Manhã	Tarde
FUNDIÇÃO	PF1	0,6	0,6	0,9	1,0
	PF2	0,5	0,8	0,7	1,1
	PF3	0,6	0,6	0,9	1,0
	PF4	0,5	0,3	0,6	0,9
	PF5	0,9	0,5	0,7	1,6
USINAGEM	PU1	0,5	0,9	0,3	0,8
	PU2	0,3	0,8	0,6	0,9
	PU3	1,3	0,6	0,4	0,9
	PU4	0,8	0,9	0,6	1,2
	PU5	1,9	1,9	0,6	1,0
	PU6	0,8	0,8	0,6	1,1
	PU7	1,1	1,7	0,4	1,1
	PU8	1,3	0,9	0,6	1,0

Fonte: Autoria própria (2018).

PF – Ponto fundição, PFE – Ponto fundição externo, PU – Ponto usinagem, PUE – Ponto usinagem externo

Conforme a Tabela 12, pode-se observar que o setor de Fundição apresentou valores de I/E abaixo de 1,5 recomendável pela RE nº 09/03, com exceção apenas do PF5, onde estava sendo realizado o processo de moldagem das peças, sendo este ponto em específico, distante das entradas de ventilação natural e com partículas em suspensão devido ao funcionamento da máquina.

Entretanto, pode-se destacar o setor de Usinagem, que apontou três extrapolações do valor admitido pela norma, sendo duas no PU5 no período da manhã e da tarde do dia 14/05, local onde são feitas as montagens das peças seriadas, e uma no ponto PU7.

Assim como a quantificação, foi realizada a identificação de alguns gêneros de fungos filamentosos presentes nos ambientes de estudo. Foram selecionadas inicialmente, 23 colônias de fungos com características macroscópicas diferentes, destas, 48% foram passíveis de identificação, 43% não cresceram e 9% não foram identificadas à nível de gênero.

No Quadro 9, estão apresentadas as espécies isoladas e os locais onde foram encontradas.

Quadro 9 – Identificação dos fungos presentes nos setores de amostragem

LOCAL	FUNGOS IDENTIFICADOS
Usinagem	<i>Curvularia</i>
	<i>Penicillium</i>
	<i>Aspergillus</i>
	<i>Trichophyton mentagrophytes</i>
	Levedura
	<i>Cladosporium</i>
Fundição	<i>Rinocladiella</i>
	<i>Aspergillus</i>
	<i>Fusarium</i>

Fonte: Autoria própria (2018).

O gênero predominante nos ambientes analisados foi o *Aspergillus sp*, sendo identificado em quatro das onze amostras, ou seja, representando 36% das amostras. Menezes, Carvalho e Trindade (2006), também desenvolveram pesquisas que destacaram a presença de quatro gêneros importantes e causadores de alergias em ambientes internos, no caso, em uma biblioteca. Os fungos que predominaram nos resultados foram: *Aspergillus sp*, *Penicillium sp*, *Alternaria sp* e *Cladosporium sp*, ou seja, obtendo resultados semelhantes aos deste trabalho em relação ao ambiente interno.

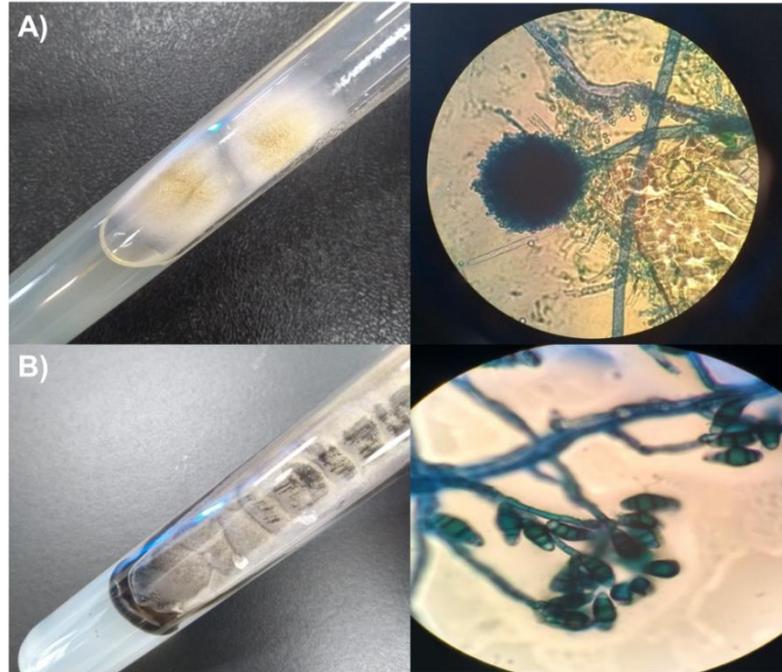
Resultados semelhantes foram encontrados também por Santos (2012), destacando a presença em maior quantidade do gênero *Aspergillus sp* nas amostras coletadas em áreas controladas da produção de imunobiológicos, e ainda o aparecimento dos gêneros *Penicillium sp.*, *Fusarium sp.* e *Cladosporium sp.*, assim como neste estudo.

Na pesquisa desenvolvida por Souza (2015) em um Centro de Usinagem, o intuito era investigar a relação entre a presença de fungos no ar ambiente e a saúde ocupacional dos funcionários, considerando seu contato direto com fluido de corte, já que a dispersão se dá por esporulação. Dentre os cinco gêneros identificados por Souza, dois são compatíveis aos encontrados neste estudo, no caso *Fusarium sp* e *Trichophyton mentagrophytes*. O primeiro gênero é caracterizado pela abrangência nas plantas, solo e ar, sendo considerado um fungo oportunista causador de infecções, no segundo caso, é apontado como um fungo parasita de animais, que por meio do contato com o homem pode causar dermatite inflamatória.

Na Figura 33, podem ser observadas fotomicrografias de alguns gêneros encontrados no setor de Usinagem e na Figura 34, no setor de Fundição. Para

facilitar a identificação das estruturas reprodutoras, as amostras foram coradas com azul de metileno, explicando sua coloração azulada.

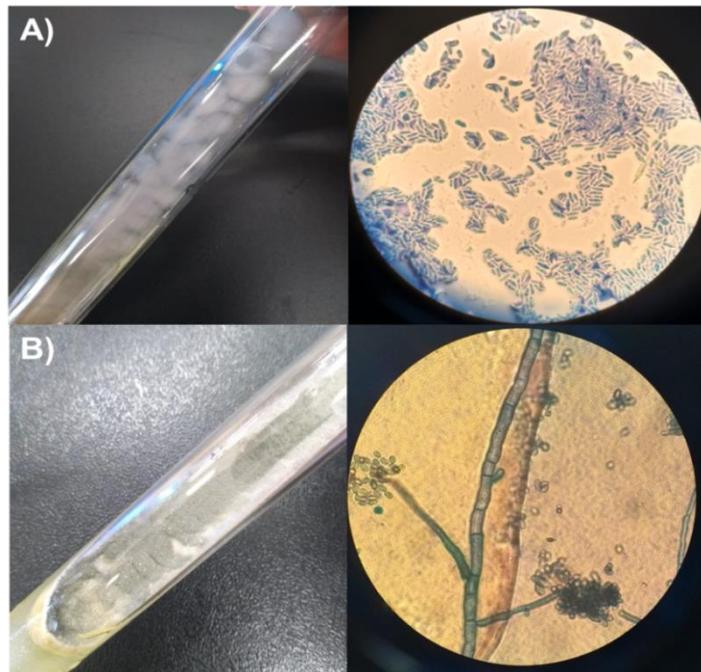
Figura 33 – Alguns dos gêneros identificados no setor de Usinagem



Fonte: Autoria própria (2018).

A) Semelhante ao gênero *Aspergillus*, B) Semelhante ao gênero *Curvularia*

Figura 34– Alguns dos gêneros identificados no setor de Fundição



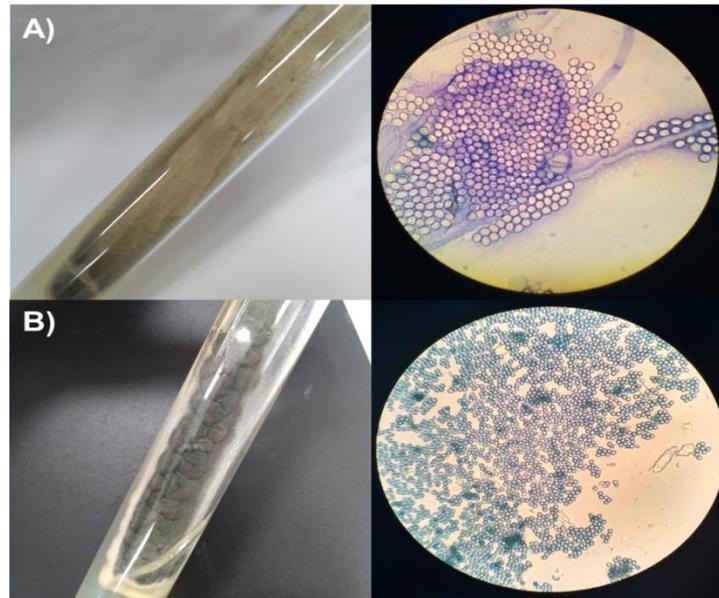
Fonte: Autoria própria (2018).

A) Semelhante ao gênero *Fusarium*, B) Semelhante ao gênero *Rinocladiella*

Utilizando como base o banco de imagens e informações disponíveis por Quadros (2008), Oliveira (2013) e Santos (2012), no apêndice estão disponíveis todas as imagens com definição das características macroscópicas, microscópicas e as fotomicrografias de cada gênero identificado no estudo.

Os 9% que não foram possíveis identificar representam duas colônias de fungos filamentosos, que estão apresentadas na Figura 35.

Figura 35 – Colônias de fungos filamentosos não identificados



Fonte: Autoria própria (2018).

A) Colônia encontrada no setor de Fundição, B) Colônia encontrada no setor de Usinagem

De maneira geral, pode-se perceber que grande parte dos gêneros de fungos identificados são caracterizados como do ambiente, ou seja, estão presentes no ar, solo, água, o que leva à conclusão que o ambiente externo de ambos os setores influencia diretamente na qualidade do ar interior, visto que as áreas construídas são rodeadas por áreas verdes (SCHIRMER, 2011).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A concentração de CO₂ em ambos os setores não apresentou nenhuma extrapolação do valor de 1.000 ppm admitido pela norma vigente, se mostrando adequado.

Relacionado os valores de IBTUG com o tipo de atividade realizada no setor de Fundição, concluiu-se que a indústria metal-mecânica em questão, admite trabalho contínuo, sem intervalos para descanso.

Os parâmetros de conforto térmico foram os que mais apresentaram divergência à faixa recomendável pela legislação. Tanto o setor de Usinagem quanto de Fundição apresentaram temperaturas acima do estabelecido, implicando diretamente no bem-estar do funcionário e conseqüentemente, em sua produtividade. A umidade relativa permaneceu dentro da faixa admitida pela RE nº09/03 da ANVISA.

O valor máximo permitido de 750 UFC/m³ para fungos determinado pela RE nº09/03 da ANVISA foi ultrapassado no setor de Fundição, que apresentou um conjunto de dados mais expressivos comparados à Usinagem, porém, não permite caracterizar o ambiente como impróprio.

Em relação às bactérias, considerando a NT-SRE-2 de Portugal (ADENE, 2009), o setor de Fundição apresentou apenas um pico, que pode vir a ser desconsiderado se feito uma análise geral, entretanto, o setor de Usinagem se mostrou um ambiente com maior número de UFC/m³, podendo interferir na saúde do funcionário que mantém contato direto com fluido de corte.

Na identificação de fungos filamentosos, houve predominância de 36% do gênero *Aspergillus sp.*

Após o levantamento de dados de diversas bibliografias utilizadas como base para o desenvolvimento deste estudo, foi possível concluir principalmente que ainda há um banco de dados diminuto tratando-se de um tema que envolve a saúde dos ocupantes e a produtividade no ambiente de trabalho. Ainda, no que diz respeito às normas vigentes exclusivas para ambientes climatizados artificialmente, podia-se ser passível de discussão expandi-las para ambientes com ventilação natural, mesmo que para alguns cenários específicos, visto as condições de trabalho e permanência dos indivíduos neste.

REFERÊNCIAS

- ABELHO, M. Microbiologia Ambiental Aplicada. In: **Protocolos de Microbiologia Ambiental**. Instituto Politécnico de Coimbra, 2013. p. 6. Disponível em: <http://www.esac.pt/Abelho/MicroAmbiental/Protocolos%5B3%5D_2012_2013.pdf>. Acesso em: 20 de maio de 2017.
- ACCUWEATHER. **Condições Meteorológicas De Londrina**. ACCUWEATHER. ANO 2018. Disponível Em: <https://www.accuweather.com/pt/br/londrina/44945/month/44945?monyr=5/01/2018>. Acesso em: 20 ago. 2018.
- ADENE. **Nota técnica NT-SCE-02: Metodologia para auditorias periódicas de QAI em edifícios de serviços existentes no âmbito do RSECE**. Lisboa: Agência para a Energia, 2009.
- ALVES, E.; SOUZA, G. S.; MARRA, R. **Êxodo e sua contribuição à urbanização de 1950 a 2010**. *Revista de Política Agrícola (Embrapa)*. Ano XX – nº 2 – Abr./Maio/Jun, 2011. p. 80-88. Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/910778/1/Exodoesuacontribuicao.pdf>>. Acesso em: 06 de jun. de 2017.
- AMERICAN LUNG ASSOCIATION; *Asthma Magazine*, vol.5, p. 22-23, 2000.
- ASSIMAKOPOULOS, V. D.; HELMIS, C. G. **On the study of a sick building: the case of Athens Air Traffic Control Tower**. *Energy and Buildings*, Greece, v. 36, f. 1, jan. 2004, p. 15-22.
- BASTO, J. E. **Requisitos para Garantia da Qualidade do Ar em Ambientes Climatizados: Enfoque em Ambientes Hospitalares**. 2005. 110 f. Dissertação (Programa de Pós Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho - Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2005.
- BIAZEBETE, C.; LIMA, A. F.; VICENTE, J. C. EMPREENDEDORISMO NO SETOR METAL MECÂNICO: UM ESTUDO DE CASO. **Caderno de Administração**. Maringá, p. 3-10. 2014. Disponível em: <<http://www.periodicos.uem.br/ojs/index.php/CadAdm/article/viewFile/30714/16078>>. Acesso em: 10 de nov. de 2017.
- BORDINI, M. D.; **Qualidade do Ar no Interior de Ambientes Climatizados – Medição de Parâmetros**. Trabalho de formatura – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil, 2015.
- BRASIL. ANVISA. **Descrição dos Meios de Cultura empregados nos Exames Microbiológicos**. 2004a. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/servicosaude/manuais/microbiologia/mod_4_2004.pdf>. Acesso em: 20 de maio de 2017.
- BRASIL. ANVISA. **Detecção e Identificação dos Fungos de Importância Médica**. 2004b. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/servicosaude/manuais/microbiologia/mod_7_2004.pdf>. Acesso em: 30 de maio de 2017.
- BRASIL. Decreto-lei nº 79, de 4 de abril de 2006. **Aprova O Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização em Edifícios**. Brasília, 26 jun. 2006. p. 4517-4518. Disponível em: <<https://dre.pt/pesquisa-avancada/-/asearch/360119/details/normal?perPage=100&types=SERIEI&numero=79%2F2006&tipo=%22Resol>>

u%C3%A7%C3%A3o+do+Conselho+de+Ministros%22>. Acesso em: 09 de jul. de 2017.

BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. **Institui a Política Nacional do Meio Ambiente**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, 1981. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=313>>. Acesso em: 15 de nov. de 2017.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução nº 9, de 16 de janeiro de 2003. **Orientação técnica sobre padrões referenciais de qualidade do ar interior em ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo**. Brasília (DF): Diário Oficial da União; 20 jan. 2003. Disponível em:<http://portal.anvisa.gov.br/documents/33880/2568070/RE_09_2003.pdf/f4af80d4-8516-4f9c-a745-cc8b4dc15727>. Acesso em: 09 de jul. de 2017.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR 15 – Atividades e Operações Insalubres**. Brasília: Ministério do Trabalho e Emprego, 2015. Disponível em: <<http://www.trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR15/NR15-ANEXO3.pdf>>. Acesso em: 08 de nov. de 2017.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 18, de 17 de junho de 1986. **Dispõe Sobre A Criação do Programa de Controle de Poluição do Ar Por Veículos Automotores – PROCONVE**. Brasília, Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=41>>. Acesso em: 15 nov. 2017.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 005, de 15 de junho de 1989. **Dispõe Sobre O Programa Nacional de Controle da Poluição do Ar - PRONAR**. Brasília, Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=81>>. Acesso em: 15 de nov. de 2017.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 003, de 28 de junho de 1990. **Dispõe Sobre Padrões de Qualidade do Ar, Previstos no PRONAR**. Brasília, Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=100>>. Acesso em: 15 de nov. de 2017.

BRICKUS, L. S. R.; AQUINO NETO, F. R. **A qualidade do ar de interiores e a química**. Química Nova. São Paulo, p. 1-10. fev. 1999. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40421999000100013>. Acesso em: 06 de jun. de 2017.

CARMO A. T.; PRADO, R. T. A. **Qualidade do ar interno**. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo; 1999. p. 8-22. Disponível em: <<http://www.labeee.ufsc.br/antigo/arquivos/publicacoes/racine-iaq.pdf>>. Acesso em: 06 de jun. de 2017.

CARNAÚBA, J.P.; et al. **Avaliação de diferentes meios de cultura na esporulação de *Scytalidium lignicola***. Summa Phytopathologica, v.33, n.2, p.199-200, 2007.

CARVALHO, M. H. A.. **Avaliação da qualidade do ar interior em ambientes acadêmicos: um estudo de caso**. 2016. 119 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Gestão Pública, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2016.

CETESB. **Poluentes**. Disponível em: <<http://ar.cetesb.sp.gov.br/poluentes/>>. Acesso em: 01 de jun. de 2017.

CHEQUIN, J. A. **MAPEAMENTO DO MACRO COMPLEXO METAL MECÂNICO NO PARANÁ**. 2011. 119 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Desenvolvimento Econômico no Setor de Ciências Sociais Aplicadas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011. Disponível em: <http://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/25790/DISSERTACAO_MESTRADO_modelo2.pdf?sequence=1>. Acesso em: 10 de nov. de 2017.

COELHO, R. R. R. Técnicas de isolamento e contagem de microrganismos. In: VERMELHO, A. B. et al. **Práticas de Microbiologia**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006. p. 136-137.

CORRÊA, K. C. **Análise das condições ambientais de trabalho em indústrias de fundição**. 2009. 70 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia de Segurança do Trabalho, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2009.

EPA. **Indoor Air Pollution: An Introduction for Health Professionals**. 1994. Disponível em: <<https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/indoor-air-pollution-introduction-health-professionals>>. Acesso em: 08 de jun. de 2017.

EVERETT, D.; KIPP, H. **Epidemiologic observations of operating room infections resulting from variations in ventilation and temperature**. American Journal Of Infection Control, Nebraska, v. 19, n. 6, p.277-282, dez. 1991.

FERNANDES, H. P. **Avaliação microbiológica da qualidade do ar no interior da biblioteca central do campus da Universidade Federal de Juiz de Fora**. 2014. 75 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal de Juiz de Fora - Ufjf, Juiz de Fora, 2014. Disponível em: <http://www.ufjf.br/engsanitariaeambiental/files/2014/02/AVALIAÇÃO-MICROBIOLÓGICA-DA-QUALIDADE-DO-AR-NO-INTERIOR-DA-BIBLIOTECA-CENTRAL-DO-CAMPUS-DA-UNIVERSIDADE-F_20150105152531300.pdf>. Acesso em: 10 de nov. de 2017.

FIEP. **Complexo metal mecânico**. 2012. Disponível em: <<http://www.fiepr.org.br/para-sindicatos/desenvolvimento/complexo-metal-mecanico-1-20753-171468.shtml>>. Acesso em: 10 de nov. de 2017.

FIERGS. **Caderno Setorial: Metal Mecânico**. Rio Grande do Sul. 2015. Disponível em: <<https://pt.scribd.com/document/235278836/Metal-Mecanico-FIERGS>>. Acesso em: 15 de nov. de 2017.

FLORENTINO, E. **Qualidade do ar interno do edifício residencial em Niterói - RJ**. 2006. 139 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2006. Disponível em: <http://www.poscivil.uff.br/sites/default/files/dissertacao_tese/dissertacao_7.pdf>. Acesso em: 25 ago. 2018.

FRIBERG, B., FRIBERG, S. & BURMAN, L.G. **Correlation between surface and air count of particles carrying aerobic bacteria in operating rooms with turbulent ventilation**. The Journal of Hospital Infection. Umea, Sweden, 1999. 42: 61-68.

Disponível em: <[http://www.journalofhospitalinfection.com/article/S0195-6701\(98\)90542-4/pdf](http://www.journalofhospitalinfection.com/article/S0195-6701(98)90542-4/pdf)>. Acesso em: 22 de maio de 2017.

GIODA, A.; AQUINO NETO, F. R. **Poluição química relacionada ao ar de interiores no Brasil**. Química Nova. São Paulo, p. 1-7. jun. 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422003000300013>. De Acesso em: 07 de jun. de 2017.

GÓRNY, R.L.; DUTKIEWICZ, J. **Bacterial and fungal aerosols in indoor environment in Central and Eastern European countries**. Annals of Agricultural and Environmental Medicine. 2002; 9:17–23.

GRAUDENZ, G. S.; DANTAS, E. **Poluição dos ambientes interiores: doenças e sintomas relacionados às edificações**. Revista Brasileira de Medicina. Ano 2, N°1. Fev/2007. p. 23-31. Disponível em: <http://www.moreirajr.com.br/revistas.asp?id_materia=3497&fase=imprime>. Acesso em: 07 de jun. de 2017.

HANSEN, S. J. **Managing Indoor Air Quality**. Lilburn, Fairmont Press, 1991.

HERZER, L. S. **CIPA: Comissão Interna de Prevenção de Acidentes**. Porto Alegre, Edição dos Autores, 1997.

IAPAR. Instituto Agrônomo do Paraná. **Dados diários de Londrina**. 2018. Disponível em: <<http://www.iapar.br/pagina-1828.html>>. Acesso em: 27 de ago. de 2018.

IFSC. Instituto Federal de Santa Catarina. **Processo de Fundição**. 2012. Joinville. Disponível em: <http://joinville.ifsc.edu.br/~valterv/Processos_de_Fabricacao/aula_2_Processo_de_Fundicao.pdf>. Acesso em: 10 de nov. de 2017.

ISAIQ-CIB TG 42. **Performance criteria of buildings for health and comfort**. CIB, nº 292, 2004. 68 p. Disponível em: <http://www.isiaq.org/publications/TG42-report.pdf>. Acesso em: 30 de jun de 2017.

JONES, A.P. **Indoor air quality and health**. Atmospheric Environment, Norwich, v. 33, n. 28, p.4535-4564, dez. 1999.

LEE, T. **Relationship between indoor and outdoor bio-aerosols collected with a button inhalable aerosol sample in urban homes**. Indoor Air, v.16, p.37-47, 2006.

LIMA DE PAULA, J. T. **Aeromicrobiota do ambiente cirúrgico: princípios e peculiaridades da climatização artificial**. 2003. 116 f. Tese (Doutorado) - Curso de Enfermagem Fundamental, Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto, Ribeirão Preto. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/22/22132/tde-13042004-094706/pt-br.php>>. Acesso em: 07 de jun. de 2017.

LOPES, A. E. et al. Prevalência de bactérias gram-negativas em portadores de HIV internados em serviço especializado. **Acta Paulista de Enfermagem**, [s.l.], v. 28, n. 3, p.281-286, jun. 2015. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/1982-0194201500047>.

LUGAUKAS, A. **Filamentous Fungi Isolated in Hospitals and Some Medical Institutions in Lithuania**. Indoor Built Environ, v.13, p. 101-108, 2004.

MACEDO, A.L.O.; CAMPOS, R.R. **Diagnóstico do complexo metal-mecânico: Brasil e Santa Catarina**. Revista de Tecnologia e Ambiente, Criciúma , v.7, n.2 , p. 9-37, 2001.

MECÂNICA INDUSTRIAL. **Metal Mecânica**. 2017. Disponível em: <<https://www.mecanicaindustrial.com.br/metal-mecanica/>>. Acesso em: 10 de nov. de 2017.

MEDEIROS et al. **Qualidade microbiológica do ar em ambientes de uma instituição de ensino do sudoeste goiano**. Ciência e Tecnologia Global Global Science And Technology, v. 5, n. 3, 2012.

MEDICINE HACK. **Gram staining – procedure, mechanism, explanation**. 2015. Disponível em: <http://www.medicinehack.com/2012/02/gram-staining-procedure-mechanism.html>. Acesso em: 27 mai. 2018.

MENEZES, E. A.; CARVALHO, P. G.; TRINDADE, E. C. P. M. 2006. **Fungos anemófilos causando alergia respiratória em pacientes na cidade de Fortaleza, Ceará**. J. Bras. Patol. Med. Lab., vol.40 (2): 79-84.

MEZZARI, A.; et al. **Os Fungos Anemófilos e Sensibilização em Indivíduos Atópicos em Porto Alegre, RS**. Revista da Associação Médica Brasileira v.49, n. 3, p. 270- 273, 2003.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Lei Antifumo nº 12546/2011**. Disponível em: <<http://portalarquivos.saude.gov.br/campanhas/leiantifumo/index.html>>. Acesso em: 10 de nov. de 2017.

MORAES, A. P. **Qualidade do Ar Interno com Ênfase na Concentração de Aerodispersóides nos Edifícios**. 2006. 159 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

NASCIMENTO, G. C. **Avaliação da qualidade do ar em ambientes internos: biblioteca pública**. 2011. 170 f. Tese (Dissertação) - Curso de Engenharia Hidráulica e Saneamento, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011.

NUNES, Z. G. **Estudo da qualidade microbiológica do ar de ambientes internos climatizados**. 2005. 163 f. Tese (Doutorado) - Curso de Vigilância Sanitária, Instituto de Controle da Qualidade em Saúde Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro. Disponível em: <file:///C:/Users/Usuario/Documents/Eng.%20Ambiental%20-%208%C2%BA%20semestre/Metodologia/_Nunes%252c%202005.pdf>. Acesso em: 07 de jul. de 2017.

NUNES, Z. G. et al. **Indoor air microbiological evaluation of offices, hospitals, industries, and shopping centers**. Memórias do Instituto Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, v. 100, n. 4, p. 351- 357, jan./jul. 2005.

NR. NORMA REGULAMENTADORA. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR-4-Serviço Especializado em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho**. 2008. Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR4.pdf>>. Acesso em: 16 de nov. de 2017.

OLIVEIRA, J. F. G.; ALVES, S. M.. Adequação ambiental dos processos usinagem utilizando Produção mais Limpa como estratégia de gestão

ambiental. **Production**. São Paulo, p. 129-138. fev. 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-65132007000100009>. Acesso em: 13 de nov. de 2017.

OLIVEIRA, J. C. **Atlas de micologia médica** – Lâminas. 2013.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). **Indoor Air Quality: Organic Pollutants**. EURO Reports and Studies n. 111. Copenhagen; 1989.

PANTOJA, L. D. M. et. al. **Diversidade de Bioaerossóis presentes em ambientes urbanizados e preservados de um Campus universitário**. *Biológico*, São Paulo, v.69, n.1, p.41-47, jan./jun., 2007.

PASQUARELLA, C. et al. **The index of microbial air contamination**. *The Journal of Hospital Infection*, London, v. 46, n. 4, p. 241-256, dec., 2000.

PEREIRA, R. **Factores que determinam o crescimento bacteriano**. 2001. Disponível em: <<http://atividaderural.com.br/artigos/4ec6483d31c6d.pdf>>. Acesso em: 25 de ago. de 2018.

QUADROS, M. E. **Qualidade do ar em ambientes internos hospitalares: parâmetros físico-químicos e microbiológicos**. 2008. 135 f. Dissertação - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis – SC.

Qualidade do ar em ambientes internos climatizados em uma indústria petroquímica. *Fortaleza: Cientefico*, v. 17, n. 35, 2017. Disponível em: <<https://revistacientefico.adtalembrasil.com.br/cientefico/article/view/228/364>>. Acesso em: 26 ago. 2018.

RODINA, A. G. **Methods in aquatic microbiology**. Baltimore: University Park Press, 1972.

SANTOS, P. S. G. **Principais gêneros de fungos filamentosos provenientes das áreas controladas da produção de imunobiológicos no período de 2005 a 2007**. 2012. 43 f. Tese (Doutorado) - Curso de Vigilância Sanitária, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2012.

SCHIRMER, et al. **A poluição do ar em ambientes internos e a síndrome dos edifícios doentes**. *Ciência e Saúde Coletiva*. Rio de Janeiro, p. 1-8. ago. 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-81232011000900026>. Acesso em: 06 de jun. de 2017.

SGS. **Qualidade do ar interior**. (2011). Disponível em: <<http://www.sgs.pt/pt-PT/Public-Sector/Quality-Health-Safety-and-Environment/Environment/Air-Dust-Noise-Odor-and-Vibration/Indoor-Air-Quality-IAQ.aspx>>. Acesso em: 09 de jun de 2017.

SIQUEIRA, L. F. G.; CARDOSO, M. R. A; SILVEIRA, M. J. **Ar saudável para a edificação**. *Revista Corporate*. Edição 11, 2004.

SOUTO-PADRÓN, T. Microscopia de microrganismos. In: VERMELHO, A. B. et al. **Práticas de Microbiologia**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006. p. 94-98.

SOUZA, M. C. **Avaliação das dimensões técnico-econômica, ambiental e social no fresamento com aplicação de distintas técnicas de lubri-refrigeração.** 2014. 168 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Aeronáutica e Mecânica, Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, 2012.

SRIKANTH, P.; SUDHARSANAM, S.; STEINBERG, R. **Bio-aerosols in indoor environment:** Composition, health effects and analysis. *Indian Journal Of Medical Microbiology*, [s.l.], v. 26, n. 4, p.302-312, 2008. Medknow.

STOETERAU, R. L. **Fundamentos dos Processos de Usinagem.** 2003. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Notas de Aula.

SUZUKI, E. H. **Avaliação do conforto térmico e do nível de co2 em edifícios de escritório com climatização artificial na cidade de São Paulo.** 2010. 147 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Construção Civil e Urbana, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

TECVENT. **Ventilação Industrial.** 2017. Disponível em: <<http://www.tecvent.com.br/ventilacao-industrial/>>. Acesso em: 10 de nov. de 2017.

TEIXEIRA, C. R., Entrevista **“Usinagem Ecológica”**. Disponível em: https://www.cimm.com.br/portal/noticia/exibir_noticia/1665-tese-de-doutorado-estuda-a-implantacao-de-usinagem-ecologica. Acesso em: 13 de nov. de 2017.

TEIXEIRA et al. **Síndrome dos Edifícios Doentes em Recintos com Ventilação e Climatização Artificiais:** Revisão de Literatura. (2005). Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/producaointelectual/obras_intelectuais/224_obraIntelectual.pdf>. Acesso em: 06 de jun. de 2017.

TURIEL I. et al. **The effects of reduced ventilation on indoor air quality in an office building.** *Atmospheric Environment*. p. 51-64. 1983.

YANG, L. et al. **Investigating potential of natural driving forces for ventilation in four major cities in China.** *Building and Environment, China*, v. 40, f. 6, jun. 2005, p. 738-746.

APÊNDICE I – IDENTIFICAÇÃO DE FUNGOS FILAMENTOSOS

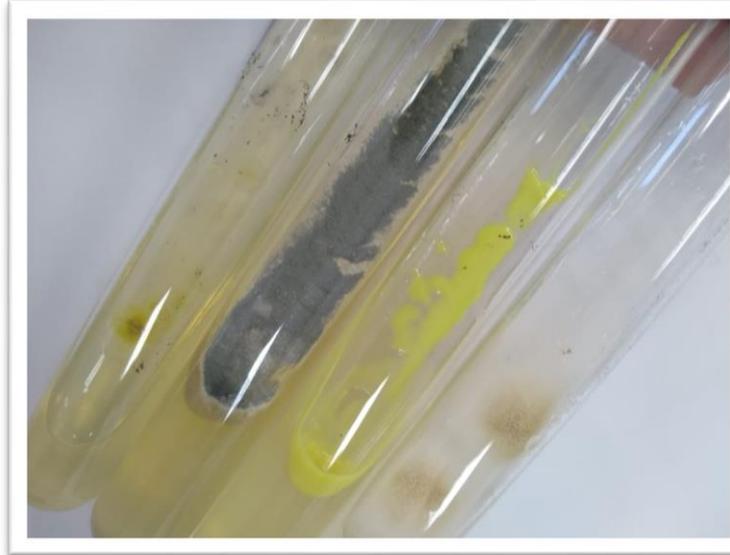
Gênero: Semelhante à *Aspergillus*

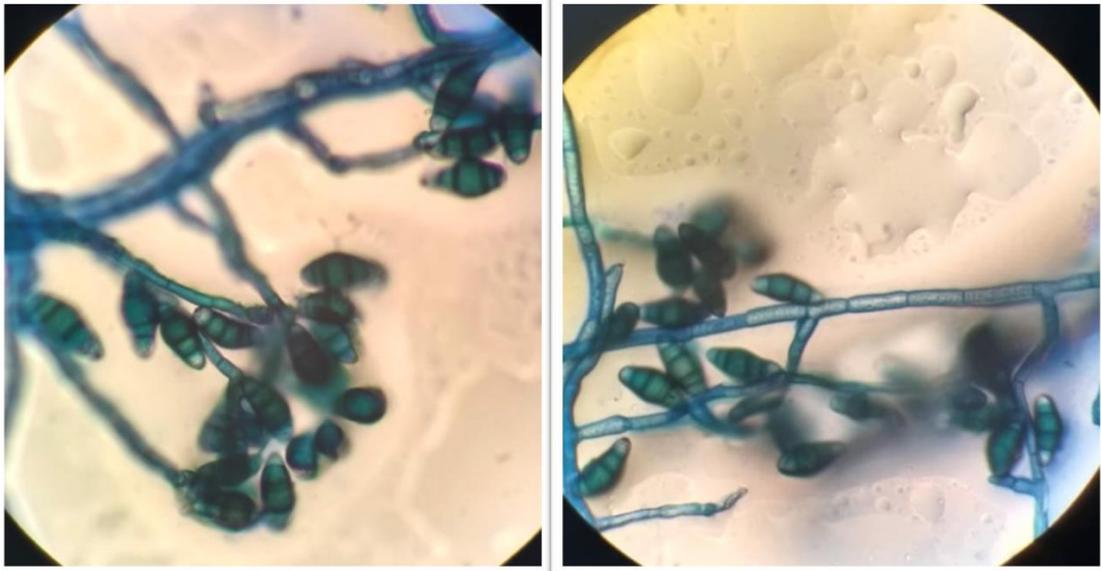
Local: Fundação e Usinagem

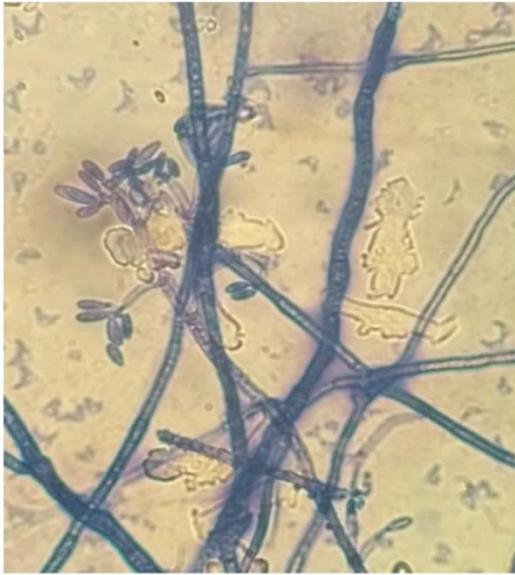
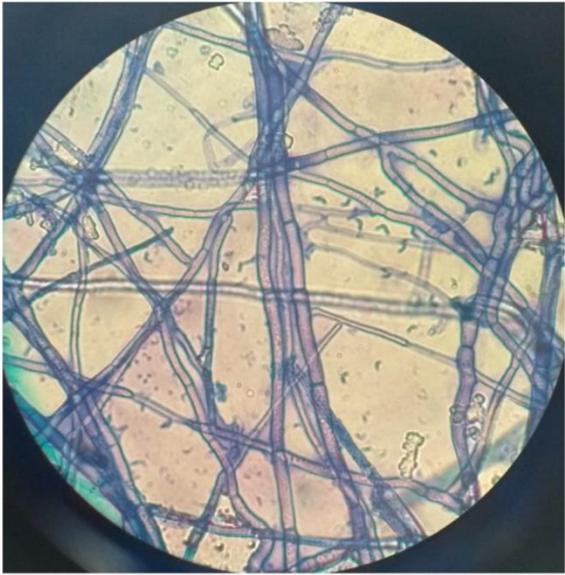
Número de isolados: 4

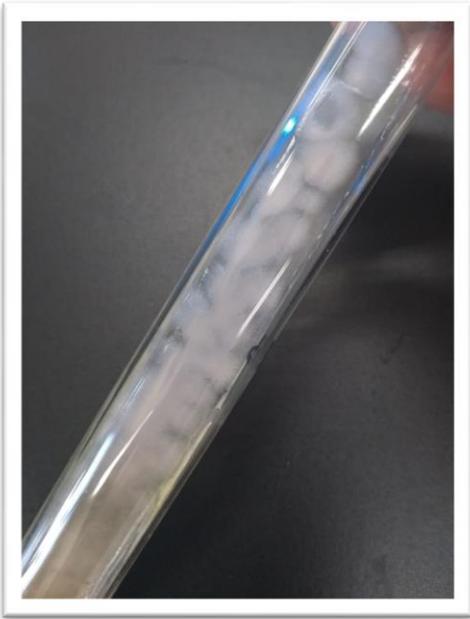
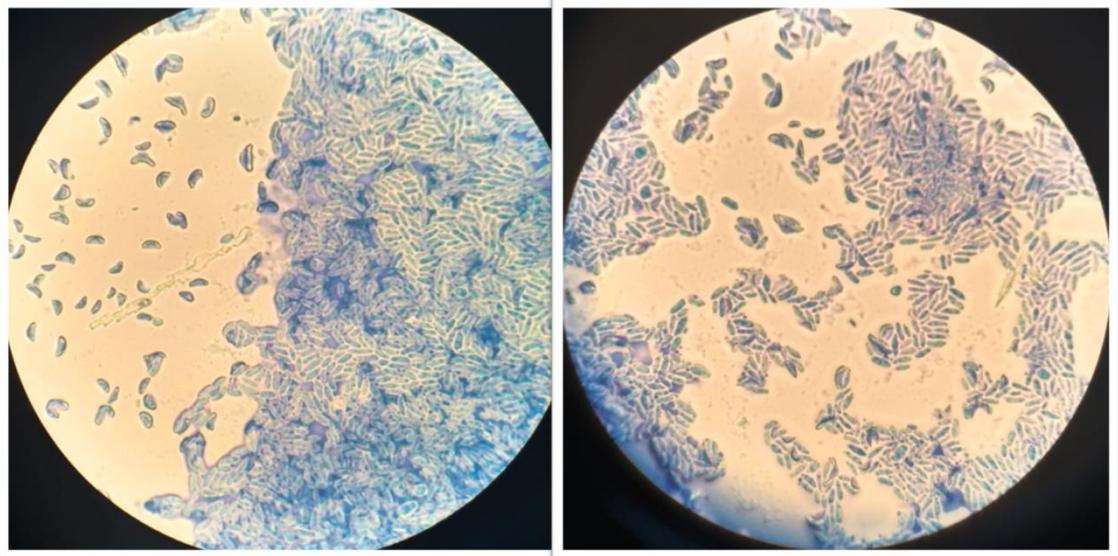
Características macroscópicas: Micélio inicialmente branco evoluindo para várias cores, na maioria das vezes verde, podendo ser para amarelo. Reverso amarelado.

Características microscópicas: Possui hifas septadas. Apresentam conidióforos com vesículas, fiálides e conídios periféricos.

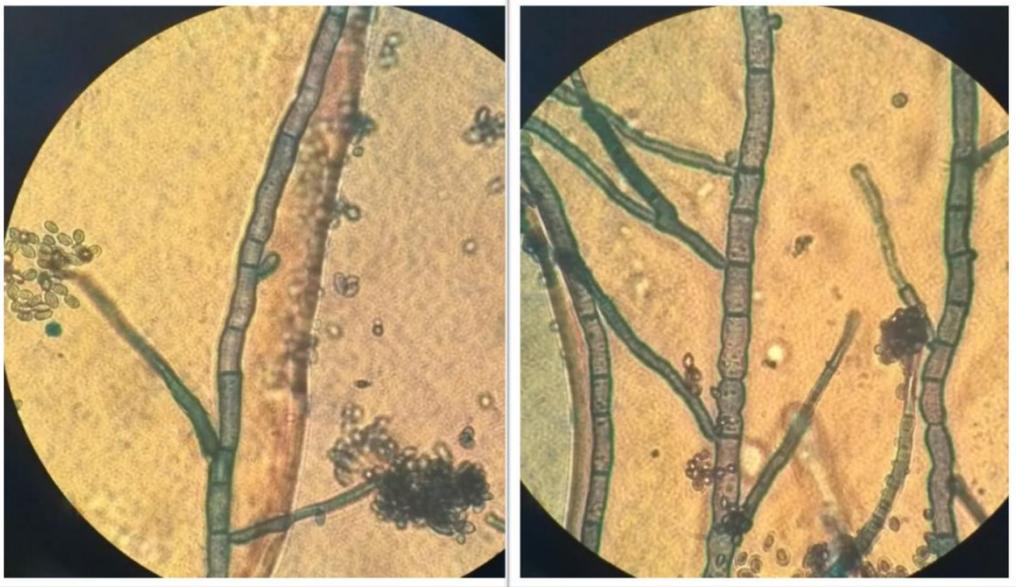
Aspecto da colônia**Aumento de 1000x no microscópio óptico**

Gênero: Semelhante à <i>Curvularia</i>	
Local: Usinagem	Número de isolados: 1
Características macroscópicas: Apresenta hifas escuras. Colônia com aparência aveludada, micélio cinza e reverso marrom escuro.	
Características microscópicas: Possui hifas septadas. Os conidióforos são solitários e nos seus ápices se desenvolvem os conídios, formados por 3 a 4 células, em formato de charuto.	
Aspecto da colônia	
	
Aumento de 1000x no microscópio óptico	
	

Gênero: Semelhante à <i>Cladosporium</i>	
Local: Usinagem	Número de isolados: 1
Características macroscópicas: Colônia com aparência aveludada, micélio de cor verde escura e reverso preto.	
Características microscópicas: Possui hifas hialinas, conídios hialinos e cilíndricos e extremidades em conidióforos ramificados.	
Aspecto da colônia	
	
Aumento de 1000x no microscópio óptico	
	

Gênero: Semelhante a <i>Fusarium</i>	
Local: Fundição	Número de isolados: 1
Características macroscópicas: Colônia com aparência acamurçada, micélio creme reverso marrom rosado.	
Características microscópicas: Apresenta macroconídios em formato de meia lua.	
Aspecto da colônia	
	
Aumento de 1000x no microscópio óptico	
	

Gênero: Semelhante à <i>Penicilium</i>	
Local: Usinagem	Número de isolados: 1
Características macroscópicas: Colônia filamentosa. Micélio verde oliva com bordas brancas e reverso branco.	
Características microscópicas: Hifas septadas. Conidiósforos que se ramificam apresentando pincel e apresentando conídios nas extremidades.	
Aparência da colônia	
	
Aumento de 1000x no microscópio óptico	
	

Gênero: Semelhante à reprodução tipo <i>Rinocladiella</i>	
Local: Fundição	Número de isolados: 1
Características macroscópicas: Colônia com micélio esverdeado tendendo para cinza escuro e reverso esbranquiçado.	
Características microscópicas: Hifas septadas. Conidiósforos com conídios implantados ao longo e em suas extremidades.	
Aparência da colônia	
	
Aumento de 1000x no microscópio óptico	
	

Gênero: Semelhante à <i>Trichophyton mentagrophytes</i>	
Local: Usinagem	Número de isolados: 1
Características macroscópicas: Colônia com aparência cotonosa, micélio amarelo e bordas brancas com reverso amarelo.	
Características microscópicas: Hifas septadas. Microconídios globosos e macroconídios na forma de charuto.	
Aparência da colônia	
	
Aumento de 1000x no microscópio óptico	
