

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO DE CIÊNCIAS EXATAS E EDUCAÇÃO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA TÊXTIL
CURSO DE ENGENHARIA TÊXTIL

Luiza Helena Ferreira Moreira

Uniforme de bombeiro: panorama atual e tendências

BLUMENAU

2022

Luiza Helena Ferreira Moreira

Uniforme de bombeiro: panorama atual e tendências

Trabalho Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Têxtil do Centro Tecnológico de Ciências Exatas e Educação da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Têxtil.

Orientador: Prof.^a Dr.^a Fernanda Steffens

BLUMENAU

2022

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Moreira, Luiza Helena Ferreira
Uniforme de bombeiro: panorama atual e tendências /
Luiza Helena Ferreira Moreira ; orientadora, Fernanda
Steffens, 2022.
75 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Blumenau,
Graduação em Engenharia Têxtil, Blumenau, 2022.

Inclui referências.

1. Engenharia Têxtil. 2. Têxteis técnicos. 3. Proteção
pessoal. 4. Análise sistêmica. 5. Revisão bibliométrica.
I. Steffens, Fernanda. II. Universidade Federal de Santa
Catarina. Graduação em Engenharia Têxtil. III. Título.

Luiza Helena Ferreira Moreira

Uniforme de bombeiro: panorama atual e tendências

Este Trabalho Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de “Engenheiro Têxtil” e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Têxtil

Blumenau, 29 de julho de 2022.

Prof.^a Catia Lange Aguiar, Dr.^a
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:

Prof.^a Fernanda Steffens, Dr.^a
Orientadora
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof.^a Andrea Cristiane Krause Bierhalz, Dr.^a
Avaliadora
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Brenno Henrique Silva Felipe, Dr.
Avaliador
Universidade Federal de Santa Catarina

Este trabalho é dedicado à minha família, que me apoiou e me incentivou durante toda a minha trajetória acadêmica.

AGRADECIMENTOS

Inicialmente, ao meu pai, Capitão reformado do Corpo de Bombeiros do MS, que me inspirou para escrever este trabalho, me apoiou e me auxiliou em toda a minha trajetória acadêmica.

À minha mãe e irmã, por todo apoio, paciência e carinho em todos os momentos difíceis da minha vida.

Aos meus avós maternos, que me incentivaram e acreditaram na minha capacidade.

Ao meu namorado, por todo carinho e compreensão, e por nunca me deixar desistir.

A minha querida orientadora Fernanda Steffens, pela disposição e dedicação ao meu trabalho de pesquisa.

A Universidade Federal de Santa Catarina, pela estrutura oferecida e a todos os professores que me acompanharam durante a graduação.

Aos meus colegas de curso, por compartilharem seus conhecimentos comigo e tornarem a minha jornada acadêmica mais leve.

“Que todos os nossos esforços estejam sempre focados no desafio à impossibilidade.

Todas as grandes conquistas humanas vieram daquilo que parecia impossível.”

(Charles Chaplin)

RESUMO

Os têxteis técnicos utilizados para proteção pessoal possuem como principal função proteger o utilizador de acidentes e lesões, atuando como uma barreira contra diversos fatores como ações mecânicas, agentes biológicos e químicos, calor ou frio extremo. Apresentam aplicações em diversos segmentos, como por exemplo, na área médica, aeroespacial e na área militar. Neste sentido, o presente trabalho de conclusão de curso possui como objetivo apresentar o panorama atual e as principais tendências de pesquisa para os uniformes de bombeiros utilizados em situações de incêndio. Para tanto, foi realizada uma pesquisa bibliográfica em que se utilizou a base de dados Scopus para levantamento bibliográfico de artigos sobre a temática no período de 2010 a 2022. Em complementação foi realizada uma análise bibliométrica com o uso do software VOSviewer© para análise dos principais autores, países, instituições, periódicos e palavras-chave acerca da temática. Como resultado obteve-se como identificação de que o tema é mais publicado nos Estados Unidos e que as principais palavras-chave identificadas nos artigos são *protective clothing*, *fire extinguishers* e *textiles*. Como conclusão deste estudo identificou-se que entre o período de 2010-2016 as pesquisas apresentam como principais tendências o estudo da introdução de ar ao uniforme multicamadas para aumento do isolamento térmico, e o uso de têxteis eletrônicos. Entre o período de 2017-2022, o uso de materiais de mudança de fase, e também, a introdução da simulação e modelos matemáticos para prever a transferência de calor nas camadas do uniforme de bombeiro.

Palavras-chave: Têxteis técnicos. Proteção pessoal. Análise sistêmica. Revisão bibliométrica.

ABSTRACT

Technical textiles used for personal protection have the main function of protecting the user from accidents and injuries, acting as a barrier against various factors such as mechanical actions, biological and chemical agents, extreme heat or cold. They have applications in several segments, such as in the medical, aerospace and military areas. In this sense, this work aims to present the current scenario and the main research trends for firefighters' uniforms used in fire situations. Therefore, a bibliographic research was carried out using the Scopus database for a bibliographic survey of articles on the subject in the period from 2010 to 2022. In addition, a bibliometric analysis was carried out using the VOSviewer© software to analyze the main authors, countries, institutions, journals and keywords on the subject. As a result, it was identified that the theme is more published in the United States and that the main keywords identified in the articles are protective clothing, fire extinguishers and textiles. As a conclusion of this study, it was identified that between the period from 2010 to 2016 the research presents the main trends in the study of the introduction of air to the multilayer uniform to increase thermal insulation and the use of electronic textiles. Between the period from 2017 to 2022, the use of phase change materials, and also, the introduction of simulation and mathematical models to predict the heat transfer in the layers of the firefighter uniform.

Keywords: Technical textiles. Personal protection. Systemic analysis. Bibliometric review.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Kevlar® inserido em coletes balísticos	23
Figura 2 – Estrutura química p-AR (a) e m-AR (b).....	24
Figura 3 – Uniforme de bombeiros para incêndio	24
Figura 4 – Funcionamento térmico do uniforme de bombeiro.....	26
Figura 5 – Conceito multicamadas	27
Figura 6 – Camadas dos uniformes de bombeiro	27
Figura 7 – Fluxograma para seleção de artigos	37
Figura 8 – Evolução das publicações na temática	38
Figura 9 – Rede de coautoria dos autores	40
Figura 10 – Países com coautoria de publicações	42
Figura 11 – Instituições com maior número de publicações	44
Figura 12 – Coocorrência de palavras-chave	45
Figura 13 – Coocorrência de palavras-chave com cinco ou mais ocorrências.....	46
Figura 14 – Número de artigos nas lentes de pesquisa no período de 2010 a 2016.....	53
Figura 15 – Número de artigos nas lentes de pesquisa no período de 2017 a 2022	54
Figura 16 – Posicionamento das antenas de comunicação.....	58

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Aplicações dos têxteis técnicos	21
Quadro 2 – Normativas relacionadas aos uniformes de bombeiro	28
Quadro 3 – Terminologia VOSviewer©	32
Quadro 4 – Critérios da busca na plataforma Scopus	33
Quadro 5 – Lentes de pesquisa	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Autores mais citados	41
Tabela 2 – Países com maior número de publicações na temática	43
Tabela 3 – Distribuição de artigos por periódico.....	44
Tabela 4 – Divisão dos artigos por lente de pesquisa	48

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CA - Alginato de cálcio

CNBC - Conselho Nacional de Bombeiros Civis

CO₂ - Gás carbônico

CTIF - *Center of Fire Statistics*

EPI - Equipamentos de Proteção Individual

Fe₃O₄ - Óxido de Ferro II e III

ISO - *International Organization for Standardization*

m-AR - Meta-aramida

OECD - *Organization for Economic Co-operation and Development*

PAN - Poliacrilonitrila

p-AR - Para-aramida

PBI - Polibenzimidazol

PBO - Poli-p-fenileno Benzobixazol

PTFE - Politetrafluoretileno

PU - Poliuretano

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
1.1	OBJETIVOS.....	18
1.1.1	Objetivo Geral	18
1.1.2	Objetivos específicos	18
1.2	ESTRUTURA DA PESQUISA.....	18
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	20
2.1	TÊXTEIS TÉCNICOS.....	20
2.1.1	Têxteis técnicos na proteção (Protech)	21
2.1.1.1	<i>Fibras de elevado desempenho</i>	<i>22</i>
2.1.2	Têxteis inteligentes	24
2.2	UNIFORME DE INCÊNDIO UTILIZADO POR BOMBEIROS	25
2.2.1	Estruturas utilizadas.....	27
2.2.2	Normativas	28
2.3	TRANSFERÊNCIA DE CALOR.....	30
2.4	REVISÃO BIBLIOMÉTRICA	30
2.4.1	VOSviewer©	31
2.4.1.1	<i>Terminologia</i>	<i>31</i>
3	METODOLOGIA.....	33
3.1	PESQUISA BIBLIOGRÁFICA	33
3.2	ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA.....	34
3.3	ANÁLISE SISTÊMICA	34
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	36
4.1	PESQUISA BIBLIOGRÁFICA	36
4.2	ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA.....	37
4.2.1	Evolução das publicações ao longo dos anos.....	38
4.2.2	Análise dos autores	39

4.2.3	Análise dos países.....	42
<i>4.2.3.1</i>	<i>Análise das Instituições.....</i>	<i>43</i>
4.2.4	Análise dos periódicos.....	44
4.2.5	Análise das palavras-chave.....	45
4.3	ANÁLISE SISTÊMICA	47
4.3.1	Propriedades dos materiais utilizados nos uniformes	54
4.3.2	Utilização de tecnologias emergentes inseridas aos uniformes.....	57
4.3.3	Verificação do desempenho de proteção térmica	59
5	CONCLUSÃO.....	62
5.1	TRABALHOS FUTUROS.....	63
	REFERÊNCIAS.....	64
	APÊNDICE A – Artigos exportados para análise	69

1 INTRODUÇÃO

O uso de materiais têxteis para o uso na proteção pessoal pelo ser humano teve início quando os homo sapiens passaram a percorrer longas distâncias e viver em ambientes de extremas temperaturas. É do período Neolítico a primeira evidência da produção de fios e tecidos a partir de fibras de algodão, seda e lã. O registro de tecido mais antigo já descoberto por historiadores foi produzido a partir de fibra de algodão por volta de 2.500 anos a.C. e ocorreu na região do Paquistão (SCOTT, 2005).

Materiais têxteis utilizados para proteção pessoal se enquadram na classe dos têxteis técnicos, que são definidos pela Textile Terms and Definitions como materiais e produtos têxteis que são fabricados, principalmente, por sua propriedade de elevado desempenho e não por sua aparência (HORROCKS; ANAND, 2000). Dessa forma, os têxteis técnicos podem ser aplicados em diversos setores que necessitam cumprir requisitos técnicos bem específicos, como na área médica, na construção civil, esporte, agricultura, proteção pessoal, entre outros.

Segundo a Future Market Insights, responsável por publicar especulações sobre o mercado futuro, a produção de têxteis técnicos ultrapassou um faturamento de 183 bilhões de dólares em 2021 e terá uma taxa de crescimento anual composta de 4,6 % até 2031. Já a companhia Markets and Markets afirma que a produção global de têxteis técnicos foi responsável por um faturamento de 164,6 bilhões de dólares em 2020 e apresenta uma projeção para faturamento de 222,4 bilhões de dólares em 2025, o que evidencia o crescimento do setor. Atualmente, as principais empresas produtoras de têxteis técnicos são a DuPont, a Kimberly Clark, Asahi Kasei, Berry Global Group e a Mitsui Chemicals, localizadas nos Estados Unidos e no Japão.

Os têxteis técnicos utilizados para proteção pessoal são comumente chamados de *Protech* e atendem a essa classe por apresentarem propriedades como proteção contra diversos agentes, como o fogo, produtos químicos, radiação e agentes biológicos. Além destes, podem oferecer proteção mecânica, como contra impactos, abrasão e podem também proporcionar proteção térmica ao utilizador (CHOWDHURY, 2018). Estes têxteis são usados por diferentes profissionais, inclusive pelo Corpo de Bombeiros, que ao combater incêndios, necessitam de proteção antichamas e de uma barreira contra o calor excessivo.

Dentre as diversas atividades em que os bombeiros atuam, numa situação de incêndio, seu principal objetivo é o de controlar o fogo através do uso de CO₂ ou de água, e também, resgatar vítimas que estão em situação de perigo. Ao realizar o resgate, os profissionais entram

em ambientes de extremo calor os quais podem ser classificados de acordo com a intensidade e o tipo de agente de exposição, que pode variar entre chamas, vapor, superfícies quentes ou substâncias líquidas quentes (SONG; MANDAL; ROSSI, 2016). Assim, com o objetivo de diminuir acidentes e fatalidades com profissionais do Corpo de Bombeiros, utilizam-se equipamentos e vestuário de proteção que sejam adequados.

Sendo assim, ao analisar este cenário, elaborou-se a seguinte pergunta de pesquisa: “Qual o panorama atual e as principais tendências no que se refere aos uniformes de bombeiro?”. Dessa forma, o presente trabalho tem por objetivo responder a esta questão por meio da análise sistêmica da literatura.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Este trabalho busca descrever o panorama atual e identificar as principais tendências no uso de têxteis para os uniformes utilizados pelos bombeiros em situação de incêndios.

1.1.2 Objetivos específicos

- a) Pesquisar os principais materiais têxteis utilizados nos uniformes de bombeiros;
- b) Analisar as propriedades térmicas dos materiais têxteis utilizados nos uniformes de bombeiros;
- c) Abordar as pesquisas do uso de tecnologias emergentes nos uniformes.

1.2 ESTRUTURA DA PESQUISA

Este trabalho está estruturado em cinco capítulos. O primeiro capítulo consiste na introdução e na apresentação dos seus objetivos. No capítulo 2, intitulado como Fundamentação Teórica, aborda-se sobre os principais tópicos do estudo: têxteis técnicos e especificamente aqueles aplicados na proteção pessoal; fibras utilizadas nos uniformes de bombeiros; uso de têxteis inteligentes nos uniformes e normas e legislações para o desenvolvimento dos uniformes. No capítulo 3, Metodologia, estão apresentados todos os procedimentos metodológicos para a obtenção de documentos que possibilitem atender os objetivos

apresentados no estudo, bem como a realização da pesquisa bibliométrica como forma de identificar aspectos adicionais que contribuam para a identificação do delineamento do estágio atual da utilização dessa temática. No capítulo 4, Resultados e Discussão, têm-se os resultados obtidos e, por fim, no capítulo 5 a conclusão do estudo e sugestões para trabalhos futuros.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo tem por objetivo explicar o referencial teórico deste trabalho, por meio de definições de conceitos necessários para compreensão do mesmo. Inicialmente, são abordados tópicos como têxteis técnicos e suas aplicações na proteção pessoal. Em sequência, são também apresentadas informações a respeito do uniforme de bombeiros, como as fibras e estruturas têxteis mais utilizadas e as normas que regem o mesmo.

2.1 TÊXTEIS TÉCNICOS

Diante do cenário atual de crescente desenvolvimento tecnológico, a indústria têxtil, com o objetivo de aumentar o valor agregado de seus produtos, tem procurado investir em aplicações de acabamentos funcionais e no uso de fibras de elevado desempenho (FERREIRA *et al.*, 2014). Sendo assim, os têxteis técnicos são uma promissora vertente de mercado e possuem grande potencial de aplicação em inúmeras áreas, como na arquitetura, medicina e áreas da engenharia.

Têxteis técnicos são materiais constituídos de fibras, fios, tecidos, malhas, não tecidos ou entrançados, que possuem alguma característica específica de funcionalidade como resistência mecânica, resistência às chamas, higiene, isolamento termoacústico e podem apresentar elevada durabilidade (GOMES, 2016). O Quadro 1 apresenta as diversas áreas de aplicação dos têxteis técnicos (CHOWDHURY, 2018).

Quadro 1 – Aplicações dos têxteis técnicos

Áreas	Aplicações
<i>Protech</i>	Proteção pessoal
<i>Agrotech</i>	Agricultura, pesca e outras atividades agrárias
<i>Geotech</i>	Geotêxteis
<i>Buildtech</i>	Construção civil
<i>Oekotech</i>	Proteção do meio ambiente
<i>Sportstech</i>	Vestuário para alta performance esportiva
<i>Indutech</i>	Indústrias
<i>Homotech</i>	Lar
<i>Clothtech</i>	Vestuário funcional
<i>Mobiltech</i>	Transporte
<i>Packtech</i>	Embalagens
<i>Medtech</i>	Têxteis médicos

Fonte: Elaborado pela autora (2022)

2.1.1 Têxteis técnicos na proteção (*Protech*)

De acordo com a literatura, os primeiros têxteis utilizados para proteção pessoal foram desenvolvidos contra intempéries e para a utilização dos guerreiros no período medieval. Cavaleiros romanos utilizavam túnicas e saias que combinavam metal e couro por baixo das armaduras para evitar cortes e atritos com a pele durante as batalhas. Entretanto, foi no século XIX, durante a Revolução Industrial, que houve um aumento significativo do uso de têxteis como proteção pessoal para evitar acidentes contra impactos, fogo e agentes químicos, principalmente dentro das indústrias (SCOTT, 2005).

Os têxteis técnicos são utilizados para proteção pessoal com o objetivo de minimizar ou eliminar acidentes, infecções e lesões provocadas por estes, atuando como barreira contra diversos tipos de agentes, como químicos e biológicos, protetores balísticos, térmicos e até mesmo nucleares (DESAI *et al.*, 2012). Dessa forma, os têxteis desta categoria são utilizados como Equipamentos de Proteção Individuais (EPI) por funcionários de diversos tipos de indústrias e empresas (*workwear*), como uniformes para militares, uniformes para atletas de elevado desempenho, equipamentos e uniformes para profissionais da área médica e até por profissionais da indústria petrolífera, por exemplo (ZHOU *et al.*, 2005).

2.1.1.1 Fibras de elevado desempenho

Fibras têxteis podem ser divididas em naturais, sintéticas ou artificiais de acordo com o processo de obtenção das mesmas, e são definidas como materiais que apresentam flexibilidade, finura e elevada razão entre seu comprimento e espessura/diâmetro. Além disso, devido às fibras apresentarem alta relação entre sua área de superfície e o volume, são extremamente resistentes, podendo ser fiadas e utilizadas em processos têxteis (AUDACES, 2022).

Fibras de elevado desempenho devem apresentar, além das características necessárias para serem manufaturadas, propriedades compatíveis com as aplicações do produto final, como resistência à tração, a agressões químicas, ao calor e fogo, à oxidação, a ácidos e a raios ultravioletas, por exemplo. As fibras mais utilizadas para aplicações técnicas são a fibra de vidro, a fibra de carbono, a fibra de poli-p-fenileno benzobisoxazol (PBO), o polibenzimidazol (PBI), o politetrafluoretileno (PTFE), a para-aramida (p-AR) e a meta-aramida (m-AR), sendo as cinco últimas, possíveis fibras componentes do uniforme dos bombeiros (BARKER; HENIFORD, 2011).

Sobre as fibras mencionadas, o PBI é uma fibra têxtil que possui processo de fabricação similar ao poliéster, porém apresenta propriedades como a resistência a temperaturas de até 570 °C, baixo encolhimento frente a elevadas temperaturas, resistência a substâncias químicas, alto nível de conforto e é não inflamável (WANG, 2022). Sendo assim, segundo a *Polymer Data Base*, as fibras de PBI são amplamente utilizadas para vestuário de proteção, filtros que devem apresentar elevada resistência a produtos químicos e ao calor e outras aplicações dentro da área de engenharia civil.

O PTFE, por sua vez, foi descoberto por Roy J. Plunkett, e patentado pela DuPont como Teflon (DHANUMALAYAN; JOSHI, 2018). Esta fibra apresenta propriedades como estabilidade térmica, baixa condutividade térmica, possui baixo coeficiente de atrito, é resistente a substâncias químicas, e por isso, é utilizada para o vestuário de proteção térmica (WANG, 2016).

A p-AR é uma poliamida aromática, que possui os grupos amida ligados ao anel de fenil nas posições 1 e 4. Foi desenvolvida em 1960, através da necessidade de uma fibra com alta resistência à tração e foi patenteada como Kevlar® pela empresa DuPont (LOBO *et al*, 2014). As principais propriedades dessa fibra, além da elevada resistência à tração e a capacidade de absorção de energia, variam entre a resistência à abrasão, a solventes orgânicos

e a baixa inflamabilidade. Devido a estas propriedades, o Kevlar® (Figura 1) é utilizado para produção de coletes balísticos, amplamente utilizados por diferentes segmentos da sociedade na proteção pessoal.

Figura 1 – Kevlar® inserido em coletes balísticos

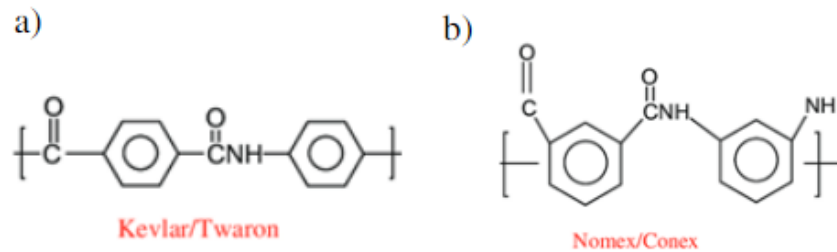


Fonte: Adaptado de Tamtex (2019)

Em seguida, no ano de 1972, a empresa Teijin desenvolveu sua primeira p-AR e patenteou com o nome de Twaron®, porém, apenas no ano de 1987 a comercialização desta fibra teve início. Já a m-AR, diferente da p-AR, possui seus grupos amida ligados ao anel de fenil nas posições 1 e 3. Esta fibra é amplamente utilizada para proteção contra chamas e calor excessivo por possuir isolamento térmico, elétrico e resistência ao fogo (YAO, 2012).

A fibra de m-AR foi patenteada como Nomex® pela DuPont em 1960 e começou a ser comercializada em 1963. Assim como a p-AR, a fibra de m-AR também foi patenteada alguns anos depois pela Teijin com o nome de Conex®, e suporta temperaturas superiores a 400 °C. A estrutura química das fibras de p-AR e m-AR são visualizadas na Figura 2.

Figura 2 – Estrutura química p-AR (a) e m-AR (b)



Fonte: Adaptado de Mandal *et al* (2019)

As aplicações da fibra de m-AR estão inseridas em diversos segmentos, como para EPI's para militares, bombeiros e funcionários de indústrias, nos setores aeroespacial e também para o setor automobilístico (DUPONT, 2022). A Figura 3 apresenta uma situação de aplicação da m-AR em uniformes de incêndio para bombeiros.

Figura 3 – Uniforme de bombeiros para incêndio



Fonte: Pixabay (2022)

2.1.2 Têxteis inteligentes

Os têxteis inteligentes, também chamados de *smart textiles*, possuem este nome devido a sua capacidade de detectar e responder às mudanças no ambiente em que estão, e podem ser divididos em passivos, ativos, ou muito inteligentes (KONCAR, 2016). Os têxteis inteligentes passivos podem sentir os estímulos externos e funcionar como sensores; enquanto os ativos

conseguem, além de sentir os estímulos externos, serem responsivos a eles. Já os muito inteligentes podem, além de serem responsivos a estímulos externos, adaptar-se a eles e ao ambiente em que estão inseridos (GAUCHE *et al.*, 2020).

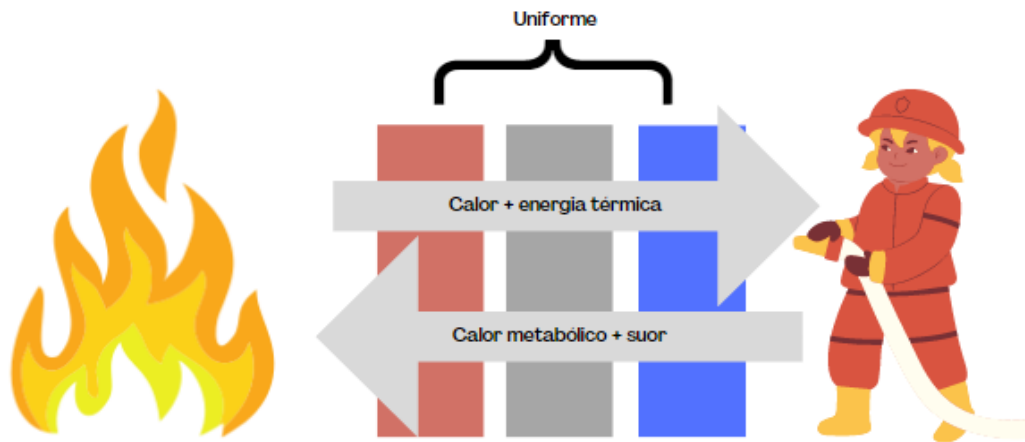
Estes materiais têxteis possuem aplicações em diversas áreas, como na medicina (em suturas, sensores de medição de sinais vitais ou cardíacos); na área militar (em sensores para comunicação, e que monitoram os sinais vitais e as lesões); na área da própria moda (em vestuário com efeitos de luz para as passarelas, por exemplo); na área esportiva (através da medição da frequência cardíaca, estímulo elétrico muscular e prevenção contra lesões, entre outros) (SORNAPUDI; MAHESH, 2017).

2.2 UNIFORME DE INCÊNDIO UTILIZADO POR BOMBEIROS

Os profissionais do Corpo de Bombeiros atuam em diversos segmentos, como resgates em acidentes, controle de incêndios, fiscalizações e vistorias, por exemplo. Para praticar suas atividades do dia a dia, além de aptidão física, necessitam também de equipamentos, como máscaras, luvas, capacetes, botas e uniformes de proteção pessoal apropriados (MANDAL *et al.*, 2018). Ao combater incêndios, necessitam de EPI's adequados que os protejam do calor excessivo e das chamas, desde situações com transferência de calor por radiação até outras com propagação de calor convectivo ou chamas diretas (HORROCKS A.; ANAND, S., 2000).

O principal objetivo do uso do vestuário de proteção pessoal adequado durante uma situação de incêndio é evitar queimaduras ou fatalidades dos profissionais. Dessa forma, a vestimenta deve garantir que o calor e as chamas não atinjam a pele dos bombeiros e ao mesmo tempo seja possível eliminar a transpiração e seu próprio calor metabólico para o ambiente (SONG, G; MANDAL, S., 2017). A Figura 4 ilustra como ocorre a troca térmica entre o vestuário técnico e o bombeiro.

Figura 4 – Funcionamento térmico do uniforme de bombeiro



Fonte: Elaborado pela autora (2022) com base no trabalho de Song *et al.* (2017)

Na Figura 4, as cores marrom, cinza e azul representam a barreira antichamas proporcionada pelo substrato têxtil utilizado no uniforme de incêndio usado pelos bombeiros. A seta, da esquerda para a direita, representa a direção da propagação das chamas e do calor propagados pela fonte emissora, os quais são impossibilitados de entrar em contato com o corpo do bombeiro por intermédio do vestuário; enquanto que a seta da direita para a esquerda representa o calor emitido pelo próprio corpo e o suor do bombeiro, sendo liberados para o ambiente. O uniforme apresenta essa função de barreira, impedindo o contato direto da chama com o corpo do indivíduo, devido à combinação entre a estrutura utilizada e ao uso de fibras de elevado desempenho, como a m-AR e a p-AR, por exemplo.

Inicialmente, as fibras utilizadas para compor os uniformes antichamas de bombeiros eram o algodão e a lã com acabamento retardante de chamas. Atualmente, este tipo de uniforme ainda é utilizado, porém, em situações em que os bombeiros vão socorrer as vítimas devido a um incêndio externo ou incêndio em um veículo, por exemplo. Para incêndios em áreas fechadas, como residenciais ou comerciais, utilizam-se no uniforme fibras que sejam resistentes às chamas, como misturas envolvendo a m-AR, p-AR e o PBI (SONG; MANDAL; ROSSI; 2017).

2.2.1 Estruturas utilizadas

Com o objetivo de garantir a respirabilidade e a eficiência da barreira que impede as chamas e o calor de entrarem em contato com a pele durante um incêndio, a estrutura utilizada nos uniformes é composta por três camadas (uma externa, intermediária e outra interna), sendo este conceito definido como multicamadas (Figura 5) (BARKER; HENIFORD, 2011).

Figura 5 – Conceito multicamadas



Fonte: Elaborado pela autora (2022)

Após confeccionadas, as camadas possuem aparência similar a Figura 6, onde, de baixo para cima: camada externa (revestimento térmico, barreira de umidade e forro térmico).

Figura 6 – Camadas dos uniformes de bombeiro



Fonte: Rezazadeh *et al* (2011)

A terceira camada, mais externa, é chamada de revestimento térmico, constituída de fibras de m-AR ou fibras de PBI e também pela p-AR, que são usadas em conjunto. A utilização de fibras de p-AR recai na maior estabilidade térmica desta fibra após contato com o calor excessivo ou chamas, prevenindo o aparecimento de buracos nos uniformes após situações de incêndio (REZAZADEH *et al.*, 2011).

A segunda camada, por sua vez, é composta por uma barreira de umidade, produzida através de um nãotecido geralmente composto por PTFE (YOUNG, 2010) resistente à água e produtos químicos, e que permite a respirabilidade do usuário. Esta camada costuma ser a mais propensa à degradação entre as três e geralmente é costurada junto à primeira camada, que está mais próxima ao corpo (CIAMPO, 1998; BARKER *et al.*, 2017).

Por fim, a última camada, que está em contato com o corpo do utilizador, também chamada de forro térmico, é composta por uma junção de nãotecidos, que aumentam o isolamento térmico e ao mesmo tempo absorvem o suor. Esta camada apresenta maior suavidade, por estar em contato com a pele, sendo responsável por garantir o conforto, e também, gerenciar a umidade expelida pelo corpo (YOUNG, 2010; BARKER *et al.*, 2017).

2.2.2 Normativas

Segundo o dicionário Michaelis, normas referem-se a tudo que estabelece e regula procedimentos, e podem ser também relacionadas a princípios, preceitos e padrões. Dessa forma, o Quadro 2 apresenta as principais normas internacionais envolvendo os uniformes utilizados pelos profissionais da corporação do bombeiro.

Quadro 2 – Normativas relacionadas aos uniformes de bombeiro

Norma	Título	Especificação
ISO 21942:2019	Station uniform for firefighters	Estabelece os requisitos de desempenho para uniformes da estação para bombeiros, levando em consideração dois níveis (I e II); o primeiro refere-se aos requisitos para o não derretimento do material, e o segundo, requisitos do uniforme para proteção contra calor

		e chamas. Ambos contemplam também o conforto
ISO 11613:2017	Protective clothing for firefighter's who are engaged in support activities associated with structural fire fighting – Laboratory test methods and performance	Determina requisitos de desempenho mínimos e especifica métodos de teste para avaliação dos uniformes de bombeiros que realizam combate ao incêndio em ambientes externos
ISO 11999-3:2015	PPE for firefighters – Test methods and requirements for PPE used by firefighters who are at risk of exposure to high levels of heat and/or flame while fighting fires occurring in structures — Part 3: Clothing	Estabelece requisitos mínimos para o desempenho e design dos uniformes de bombeiros utilizados para combater elevadas chamas e cargas térmicas
EN 469:2005	Protective clothing for firefighters – Performance requirements for protective clothing for firefighting activities.	Determina os requisitos mínimos para o desempenho dos uniformes de bombeiros utilizados em trabalhos de resgate e assistência em incêndios. Não abrange proteções como contra produtos químicos ou gases
NFPA 1851:2020	Standard on Selection, Care, and Maintenance of Protective Ensembles for Structural Fire Fighting and Proximity Fire Fighting.	Define requisitos de cuidado e manutenção para os equipamentos de bombeiro para combater incêndios
ISO 9151:2016	Protective clothing against heat and flame – Determination of heat transmission on exposure to flame	Especifica um método para comparar a transmissão de calor através dos materiais utilizados em vestuário de proteção

Fonte: Elaborado pela autora (2022)

Para os uniformes de incêndios no Brasil, atualmente, são cumpridos os requisitos estabelecidos na norma EN 469:2005. Os demais uniformes utilizados diariamente pelos bombeiros brasileiros, bem como alguns EPI's, seguem a norma do Conselho Nacional de Bombeiros Civis (CNBC) 03/2012, intitulada “Uniformes, simbologias e identificação visual do Bombeiro Civil”.

2.3 TRANSFERÊNCIA DE CALOR

A transferência de calor pode ser definida como o processo de movimento de energia causado pela diferença de temperatura entre dois sistemas. Além da diferença de temperatura, outras variáveis como a velocidade do fluxo, a condutividade dos materiais e sua geometria, também podem influenciar na taxa de transferência de calor (KOTHANDARAMAN, 2006).

Existem três diferentes formas de ocorrer a transferência de calor: condução, convecção e radiação. A condução de calor pode ser definida como a transferência de energia que ocorre entre partículas de determinada substância com maior energia para outra com menor energia, por meio da interação entre elas. Já a transferência de calor por convecção, por sua vez, ocorre através da transferência de energia entre uma superfície sólida e outra líquida ou gasosa, que está em movimento. Por fim, a transferência de calor por radiação ocorre devido a ondas eletromagnéticas resultantes de mudanças nas configurações eletrônicas das moléculas ou átomos (ÇENGEL; GHAJAR, 2012).

Em situações de incêndio, os uniformes de proteção utilizados por bombeiros são constantemente expostos a elevadas temperaturas e ocorre transferência de calor. Sendo assim, faz-se necessário, através de ensaios em temperaturas similares as de uma situação real, por meio de normativas, verificar qual a taxa de transferência de calor que ocorre nos sistemas multicamadas dos uniformes dos bombeiros, seja por condução, convecção e radiação. Tal ação propicia o entendimento do desempenho da proteção térmica destes uniformes, bem como a definição do ciclo de vida do vestuário supracitado (OHALELE *et al.*, 2021).

2.4 REVISÃO BIBLIOMÉTRICA

Segundo o Glossário da Organization for Economic Co-operation and Development OECD, de Termos Estatísticos, a bibliometria pode ser definida como a análise estatística de livros, artigos e outras publicações. Dessa forma, o uso do método de revisão bibliométrica da

literatura permite que o pesquisador tenha noção da evolução científica de determinada temática ao longo de um período estabelecido, bem como dos possíveis gaps de pesquisa¹ relacionados a ela (BOTELHO, *et al.*, 2011).

Os métodos bibliométricos são quantitativos, porém podem ser usados para análises de características qualitativas. Dessa forma, o maior objetivo das revisões bibliométricas é transformar os valores numéricos obtidos em informações teóricas sobre a evolução das pesquisas na temática definida (WALLIN, 2005). Atualmente, existem diversos *softwares* que permitem uma análise bibliométrica, como o CiteSpace©, o Biblioshiny© e o VOSviewer©. Para efeito deste estudo será adotado o VOSviewer©.

2.4.1 VOSviewer©

O VOSviewer© é um *software* gratuito que possui como proposta a construção e visualização das redes bibliométricas através de mapas, que acoplam publicações, autores, palavras-chave, citações e *gaps* de pesquisa acerca de um determinado tema. Esta ferramenta suporta arquivos de bancos de dados bibliográficos de quatro diferentes plataformas, sendo elas: Web of Science, Scopus, Dimensions e PubMed (BERRIEL; SANTOS, 2020).

O *software* utiliza dados importados das plataformas em diversos formatos transferidos para tabelas no Microsoft® Excel. Após a importação, o usuário pode realizar análises envolvendo coautoria e co-citação de autores, e também, coocorrência de palavras-chave e dos países de origem dos documentos. Dentro dessas análises, existe a possibilidade da escolha de parâmetros, como número mínimo de ocorrências das palavras-chave, número mínimo de citações por autor e também, número mínimo de documentos por autor, ou periódico (ECK; WALTMAN, 2010).

2.4.1.1 Terminologia

Para melhor compreensão acerca do funcionamento do *software*, faz-se necessário um entendimento de alguns dos termos utilizados pelo mesmo, como os itens, links e clusters, que estão definidos no Quadro 3.

¹ Gaps de pesquisa podem ser definidos como lacunas que possuem informações ausentes limitando a conclusão do pesquisador sobre determinada questão (MENDES, 2022).

Quadro 3 – Terminologia VOSviewer©

Termos	Definição
Itens	São considerados os objetos de interesse na pesquisa, como as publicações e palavras-chave, por exemplo
Links	Representam uma conexão entre dois itens, ou seja, podem acoplar dois autores, duas publicações, dentre outros
<i>Strength</i>	Representa a força de um link, sendo que quanto maior a força, mais forte é o link. Geralmente, um link forte representa grande número de referências em comum entre duas publicações, ou número de publicações que dois autores possuem juntos
Redes	Uma rede é a junção entre um conjunto de itens e os links entre os itens
<i>Cluster</i>	Conjunto de itens presentes em um mapa, representados por diferentes cores, sendo que, um item pode apenas pertencer a um cluster
<i>Attributes</i>	Representam os valores numéricos
<i>Weight Attributes</i>	Representam apenas valores positivos, sendo que um item com maior peso na pesquisa deve aparecer com maior destaque do que itens com menor peso
<i>Score Attributes</i>	Podem apresentar valores positivos e negativos e são utilizados para visualizar as sobreposições no mapa
<i>Links Attributes</i>	Representam o número de links de um item com outros itens

Fonte: Adaptado de Semeler (2019)

3 METODOLOGIA

Este capítulo abrange os procedimentos metodológicos adotados, que foram divididos em diferentes fases.

3.1 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

A primeira fase refere-se à pesquisa bibliográfica sobre o tema. A pesquisa bibliográfica incluiu a definição das fontes de dados a serem consultadas e os termos a serem utilizados no levantamento bibliográfico.

Para o levantamento bibliográfico, a base de dados bibliográfica a ser utilizada foi a Scopus, via Portal de Periódicos da Capes. Para identificação dos termos optou-se por adotar os 20 artigos mais relevantes do Google Scholar recuperados com os termos "*firefighters*" AND "*textiles*". Essa identificação foi realizada analisando apenas as palavras-chave dos artigos, e com isso obteve-se os seguintes termos: "*Firefighters OR Fireman AND Textiles*", que abrangiam maior número de artigos na plataforma. Na sequência foram definidos os seguintes limites de busca: tipo de publicação - artigos; período de publicação 2010-2022; idioma – todos os idiomas. O Quadro 4 ilustra os critérios de busca definidos.

Quadro 4 – Critérios da busca na plataforma Scopus

Filtros	Documentos selecionados
Tipo de documento	Artigos científicos
Data de publicação	2010 a 2022
Áreas de estudo	Todas as áreas encontradas
Autores	Todos os autores encontrados
Idioma	Todos os idiomas encontrados
Países de publicação	Todos os países encontrados

Fonte: Elaborado pela autora (2022)

3.2 ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA

A análise bibliométrica deste estudo foi realizada através do *software* VOSviewer© versão 1.6.17 entre os dias 12 e 13 de julho com o resultado da pesquisa bibliográfica e contemplou os seguintes índices:

- d) Coautoria. Foi analisada a coautoria sem definição de autores pelo número de citações. Foram incluídos todos os autores independentemente do número de citações;
- e) Países. Análise das publicações por países que possuem artigos publicados em conjunto;
- f) Instituições. Análise das instituições que possuem artigos publicados em conjunto, ou seja, identificação da coparticipação dos países nas publicações;
- g) Publicações. Identificação dos periódicos com maior número de publicação;
- h) Coocorrência. Identificação das palavras-chave mais presentes nos artigos. Para tanto, foi estabelecido como critério a existência de pelo menos cinco ocorrências, também interligadas.

3.3 ANÁLISE SISTÊMICA

Nesta etapa realizou-se uma análise sistêmica para atender o objetivo que foi definido e responder às questões de pesquisa. Para isso, de acordo com os objetivos propostos, definiu-se as lentes, ou seja, os critérios sob os quais o conteúdo será avaliado, conforme expresso no Quadro 5. Menciona-se ainda que as análises foram avaliadas em dois grupos: entre 2010-2016 e 2017-2022.

Quadro 5 – Lentes de pesquisa

Lentes de Pesquisa	Objetivos
Propriedades dos materiais utilizados nos uniformes	Analisar quais são os fatores que afetam as propriedades dos uniformes e de que forma são avaliados
Utilização de tecnologias emergentes inseridas aos uniformes	Investigar a presença de têxteis eletrônicos e sensores, outros têxteis inteligentes e tecnologias emergentes, e de que forma são empregados aos uniformes
Verificação do desempenho de proteção térmica	Estudar como é realizada a análise do desempenho dos uniformes e os fatores que são levados em consideração

Fonte: Elaborado pela autora (2022)

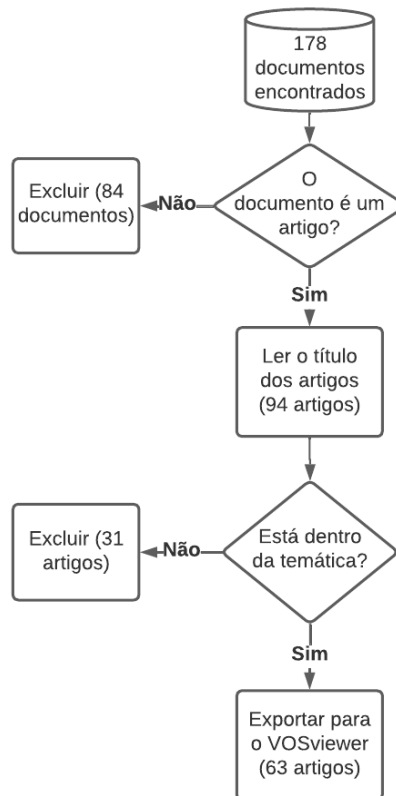
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo traz os resultados da análise sistêmica da literatura bem como a análise bibliométrica. Será apresentado, inicialmente, a análise bibliométrica como forma de delinear as contribuições da literatura com relação a temática. Em seguida, será apresentada a análise sistêmica que visa responder ao objetivo geral por meio das lentes de pesquisa.

4.1 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

A seguir serão apresentados os resultados obtidos na fase de pesquisa bibliográfica. Inicialmente, foram definidas palavras-chave conforme estratégia apresentada na seção de metodologia, com as quais, referente ao período 2010 a 2022, resultou na obtenção de 178 documentos. Em seguida, os artigos foram analisados em relação aos critérios de exclusão o que reduziu para o número de 94 itens. Após a análise do alinhamento do título foram obtidos 63 artigos. Estes procedimentos podem ser analisados a partir da Figura 7 que apresenta o fluxograma que ilustra a sequência de seleção dos artigos.

Figura 7 – Fluxograma para seleção de artigos



Fonte: Elaborado pela autora (2022)

Dentre os artigos excluídos por não estarem dentro da temática após leitura do título, encontravam-se artigos relacionados ao desenvolvimento do Denim, desenvolvimento e inovação de produtos diferentes da temática, e também, sobre o processo de tingimento de fibras de m-AR.

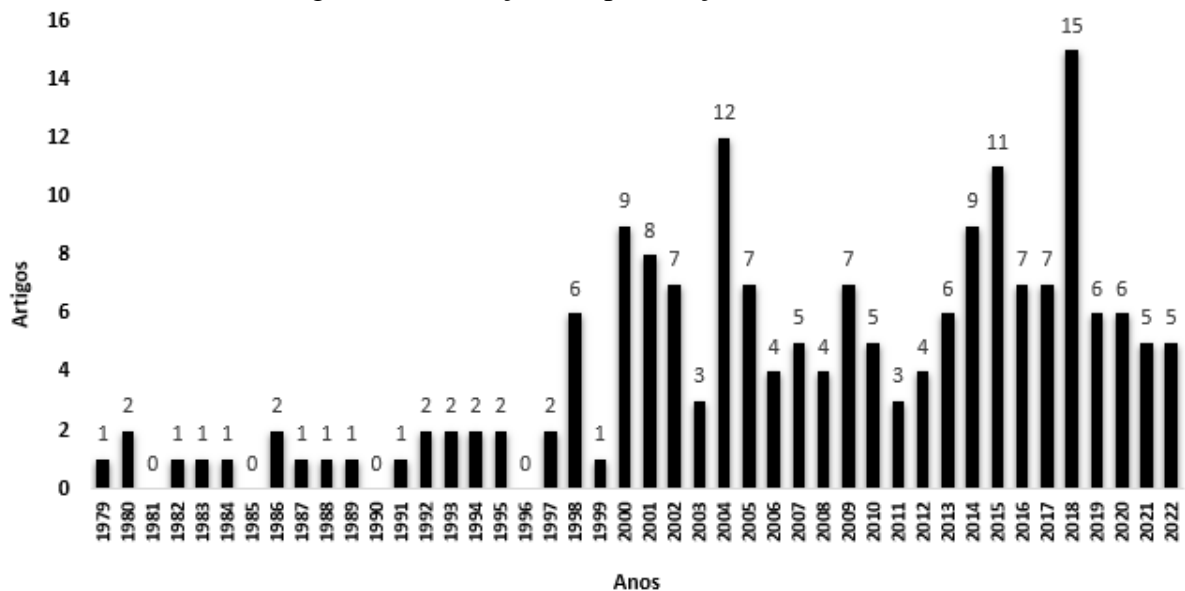
4.2 ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA

Inicialmente, foi realizada uma análise temporal na Scopus, em que se identificou aspectos relacionados desde a primeira publicação até a mais recente. Posteriormente, os artigos exportados para o VOSviewer© foram analisados em relação aos índices descritos a seguir: autores, países, instituições, periódicos e palavras-chave. A seguir serão apresentados os resultados e a discussão da análise bibliométrica.

4.2.1 Evolução das publicações ao longo dos anos

Com o objetivo de analisar a evolução das publicações na plataforma Scopus referentes à temática dos bombeiros desde a primeira aparição até os dias atuais, gerou-se o gráfico apresentado na Figura 8. Nota-se que ao pesquisar as palavras-chave “*Firefighters OR Fireman AND Textiles*” na plataforma supracitada, limitando apenas a artigos já publicados e sem limitar as datas, obteve-se como resultado 184 artigos, sendo a primeira publicação nesta base no ano de 1979.

Figura 8 – Evolução das publicações na temática



Fonte: Elaborado pela autora (2022)

Observa-se que durante os primeiros dezenove anos, as publicações sobre o tema mantiveram-se limitadas a no máximo duas por ano, tendo um salto para seis no ano de 1998. Nota-se também, que os anos de 1981, 1985, 1990 e 1996 não apresentam publicações sobre a temática na base de pesquisa investigada.

O primeiro artigo envolvendo as palavras-chave selecionadas foi publicado em 1979 pela *Textile Research Journal*, intitulado como “*Insulative Values of Single-Layer Fabrics for Thermal Protective Clothing*”. Em seguida, em 1980, novos dois artigos foram publicados, também pela *Textile Research Journal*, com os seguintes títulos: “*Comparative Assessment of GORETEX and NEOPRENE Vapor Barriers in a Firefighter Turn-Out Coat*” e “*Assessment of Ventilation Characteristics of Standard and Prototype Firefighter Protective Clothing.*”

No ano de 2022, até o mês de maio, um total de 5 artigos já foram publicados, sendo que o último foi publicado pelo periódico acadêmico *ACS Nano*, intitulado como “*An Ultralight Self-Powered Fire Alarm e-Textile Based on Conductive Aerogel Fiber with Repeatable Temperature Monitoring Performance Used in Firefighting Clothing*”. Provavelmente até o fim do ano, novas publicações irão ocorrer referente ao tema.

Ao comparar o primeiro artigo publicado sobre o tema em 1979, e o último no ano de 2022, nota-se grande evolução tecnológica. O primeiro possui como objetivo estudar os tecidos utilizados na proteção pessoal por funcionários de indústrias e bombeiros, levando em consideração a variação da composição entre fibras naturais, estrutura têxtil e gramatura das amostras utilizadas, analisando as propriedades de isolamento das amostras por intermédio da transferência de calor por convecção.

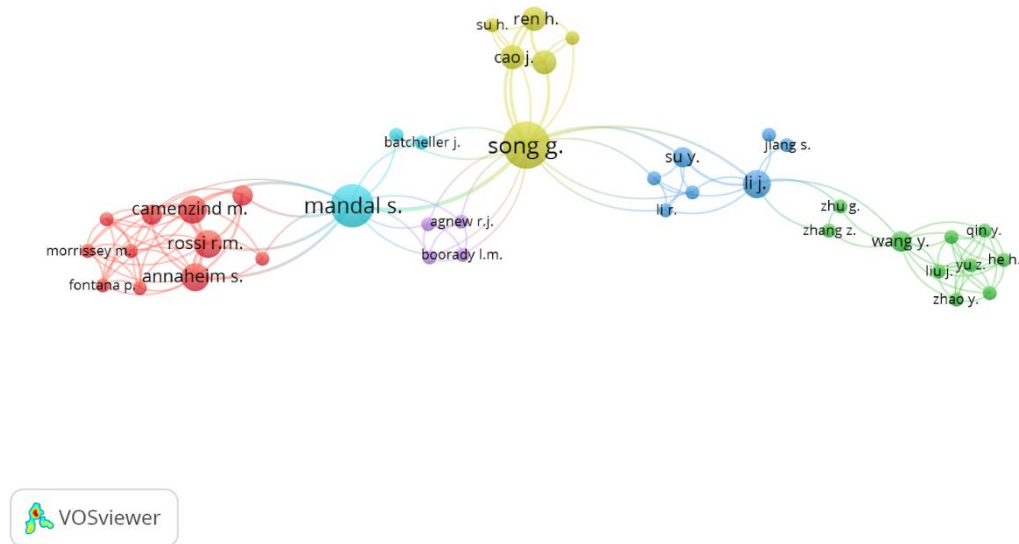
Já o último artigo, apresenta os desafios para detecção de danos no vestuário de proteção dos bombeiros após estarem em uma situação de perigo, neste caso de incêndio. Em sequência, exhibe os resultados do monitoramento da temperatura e energia da vestimenta através de um *e-textile* com base em fibra de aerogel condutor, que é um aglomerado de pequenas partículas que possuem propriedades como elevada resistência/densidade e grande área de superfície/volume (PEREIRA, 2018), produzido a partir de alginato de cálcio, nanopartículas de óxido de Ferro II e III (Fe_3O_4) e nanofios de prata incorporados ao substrato. O têxtil eletrônico utilizado é capaz de advertir o profissional bombeiro em situação de incêndio que seu vestuário está apresentando um mau funcionamento, e também, permite que os socorristas encontrem bombeiros em situação de desmaio ou que ficaram presos durante determinado resgate.

Ao comparar o primeiro e o último artigo referentes à temática, nota-se grande evolução têxtil, como a presença de novos materiais utilizados e o conceito dos têxteis inteligentes, a partir da inserção de têxteis eletrônicos, do aerogel e sistemas de comunicação para os profissionais.

4.2.2 Análise dos autores

Dos 63 artigos analisados foram identificados 208 autores e destes apenas 41 deles apresentavam ligação entre si. Ou seja, possuem documentos que foram publicados em conjunto pelos mesmos (coautoria). A Figura 9 apresenta a rede de coautoria dos autores.

Figura 9 – Rede de coautoria dos autores



Fonte: Elaborado pela autora através do VOSviewer© (2022)

O software separa os autores por clusters (nós), podendo ser maiores ou menores de acordo com o número de publicações realizadas. Ou seja, os maiores representam maior número de publicações, e os menores, menor número de publicações. Os nós permanecem mais próximos de outros autores de acordo com a frequência das publicações em conjunto. Além disso, a divisão dos clusters possui como parâmetro a conexão entre os autores. Os autores com maior número de documentos e com maior número de citações são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Autores mais citados

Autores	Número de artigos exportados	Número de citações totais
Hendrik Rogier	6	180
Patrick Van Torre	6	180
Luigi Vallozzi	4	151
Guowen Song	11	147
Carla Hertleer	3	134
Marc E. Moeneclaey	3	134
Jo Venhaevert	3	134
Sumit Mandal	9	118
Pengfei Chen	1	44
Renwei Cheng	1	44

Fonte: Elaborado pela autora (2022)

A Tabela 1 apresenta os autores com maior número de artigos e citações. Os autores Hendrik Rogier, Patrick Van Torre, Luigi Vallozzi, Carla Hertleer, Marc E. Moeneclaey e Jo Venhaevert possuem como artigo mais citado, com 82 citações, o intitulado como “*Wireless communication for firefighters using dual-polarized textile antennas integrated in their garment*”, que foi publicado em 2010 e possui coautoria dos autores mencionados. O artigo fala sobre antenas acopladas aos uniformes que possibilitam a comunicação entre os bombeiros em resgates e outros situados na estação central de bombeiros.

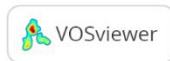
Guowen Song e Sumit Mandal compartilham do mesmo artigo mais citado, com 48 citações, publicado em 2015 e intitulado “*Thermal sensors for performance evaluation of protective clothing against heat and fire: A review*”. Nesta pesquisa é realizada uma revisão da literatura a respeito dos sensores térmicos utilizados atualmente para avaliar o desempenho de equipamentos de proteção pessoal.

Pengfei Chen e Renwei Cheng também compartilham do mesmo artigo mais citado, com 44 citações, publicado em 2020 e intitulado “*Flame-retardant textile-based triboelectric nanogenerators for fire protection applications*”, em que a investigação relata a combinação de tecidos de algodão com nanogeradores triboelétricos, que apresentam como vantagem maior respirabilidade e flexibilidade, sendo excelentes captadores de energia para o uniforme de bombeiros.

4.2.3 Análise dos países

Em seguida, a análise dos principais países que apresentaram publicações sobre a temática foi realizada. Após o *download* dos documentos, notou-se que existem 21 países que já contribuíram com algum artigo envolvendo as palavras-chave escolhidas, porém, apenas 9 possuem conexão entre si, como demonstrado na Figura 10.

Figura 10 – Países com coautoria de publicações



Fonte: Elaborado pela autora através do VOSviewer© (2022)

Observa-se que os países com maior número de publicação são a Índia, Canadá, China, Reino Unido, Estados Unidos, Japão, Bélgica e Austrália. A partir da análise do tamanho dos nós é possível perceber que os Estados Unidos é o país com maior número de publicações, seguido da China. Observa-se também que os Estados Unidos possuem artigos publicados em conjunto com todos os países apresentados. A Polônia não está inserida no mapa, pois não apresenta nenhum trabalho em conjunto com os documentos publicados pelos países apresentados. No entanto, ocupa a terceira posição com maior número de publicações sobre a temática. A Tabela 2 apresenta os números dos artigos publicados pelos 5 países com maior número de publicações.

Tabela 2 – Países com maior número de publicações na temática

Países	Número de publicações
Estados Unidos	22
China	13
Canadá	7
Bélgica	7
Polônia	7

Fonte: Elaborado pela autora (2022)

O resultado obtido na análise bibliométrica, apontando os Estados Unidos como o país com o maior número de publicações, está alinhado à posição que este país ocupa no ranking de países com o maior número de bombeiros no mundo. Este resultado é representativo, uma vez que de acordo com a Center of Fire Statistics (CTIF), os Estados Unidos é o país com maior número de bombeiros no mundo, com um total de 1.056.200 profissionais, sendo 978.300 homens e 77.900 mulheres. No entanto, no ano de 2018, os índices apontam o maior número de bombeiros com ferimentos após incêndios, sendo aproximadamente 58.250 profissionais. Apesar do elevado índice, em comparação com o ano de 2014 houve uma redução de 8 % de profissionais feridos após salvamentos em incêndios.

4.2.3.1 Análise das Instituições

Analisou-se as instituições com maior impacto e foram identificadas 138 organizações com no mínimo 1 artigo publicado. O resultado da análise adotando o critério de pelo menos 2 artigos publicados com interligação entre si resultou na identificação de 5 organizações, que são a Iowa State University (United), a University of Alberta, a Iowa State University (Ames), a Swiss Federal Laboratories for Material Science and Technology e a DuPont International Operation. A Figura 11 ilustra as organizações obtidas.

Figura 11 – Instituições com maior número de publicações



Fonte: Elaborado pela autora através do VOSviewer© (2022)

A organização com maior número de documentos publicados é a Iowa State University (Ames) localizada nos Estados Unidos, com 3 artigos, apresentando 42 citações no total. As demais organizações, como a DuPont International Operation (Suíça), a Swiss Federal Laboratories for Material Science and Technology (Suíça), a University of Alberta (Canadá) e a Iowa State University (United) (Estados Unidos) apresentam 2 documentos. Porém a que apresenta maior número de citações, 121 no total, com 2 documentos é a Ghent University, localizada na Bélgica, que não está presente na Figura 11 por não possuir publicações em conjunto com as outras, sendo o departamento dos têxteis ou The Centre for Textile Science and Engineering, o responsável pelas publicações.

4.2.4 Análise dos periódicos

Foram também identificados os cinco principais periódicos com no mínimo 2 documentos publicados (Tabela 3) dentre os 63 artigos.

Tabela 3 – Distribuição de artigos por periódico

Periódicos	Número de documentos	Citações
Textile Research Journal	11	132
IEEE Transactions on Antennas and Propagation	3	138
ACS Nano	2	48
Journal of Fiber Bioengineering and Informatics	2	40
Journal of the Textile Institute	2	31

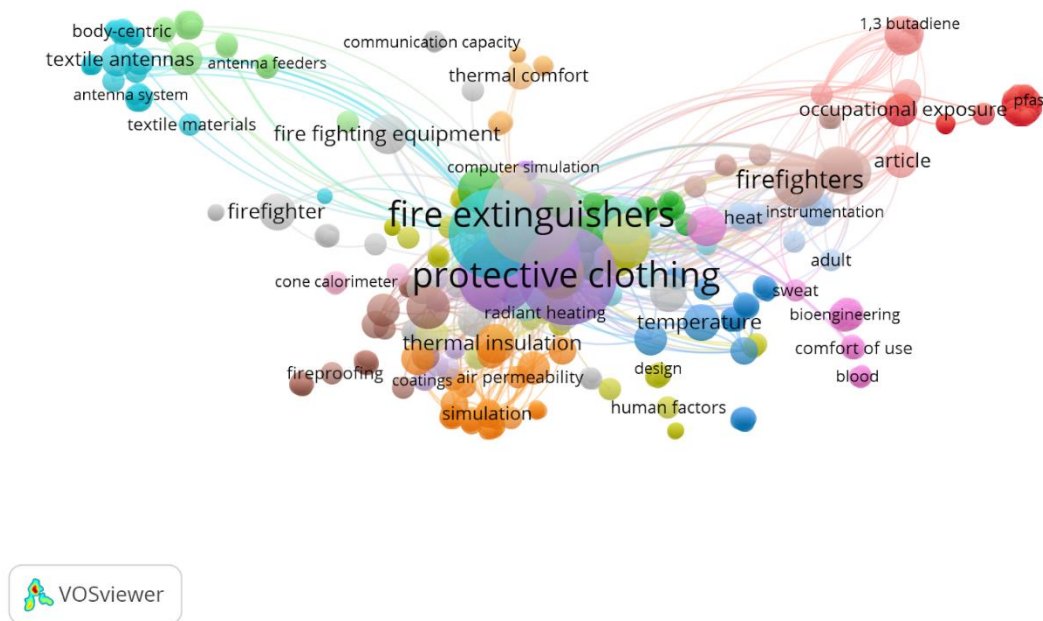
Fonte: Elaborado pela autora (2022)

Analisando a Tabela 3, é possível observar que o periódico com maior número de artigos publicados é o Textile Research Journal, apresentando 11 documentos totalizando 132 citações. Em seguida, tem-se o periódico IEEE Transactions on Antennas and Propagation, que apresenta 3 documentos e 138 citações no total. Já os outros três periódicos em destaque apresentam apenas dois artigos cada um.

4.2.5 Análise das palavras-chave

Foram identificadas 794 palavras-chave adotadas pelos artigos analisados, sendo que apenas 783 apresentavam conexão entre elas (Figura 12).

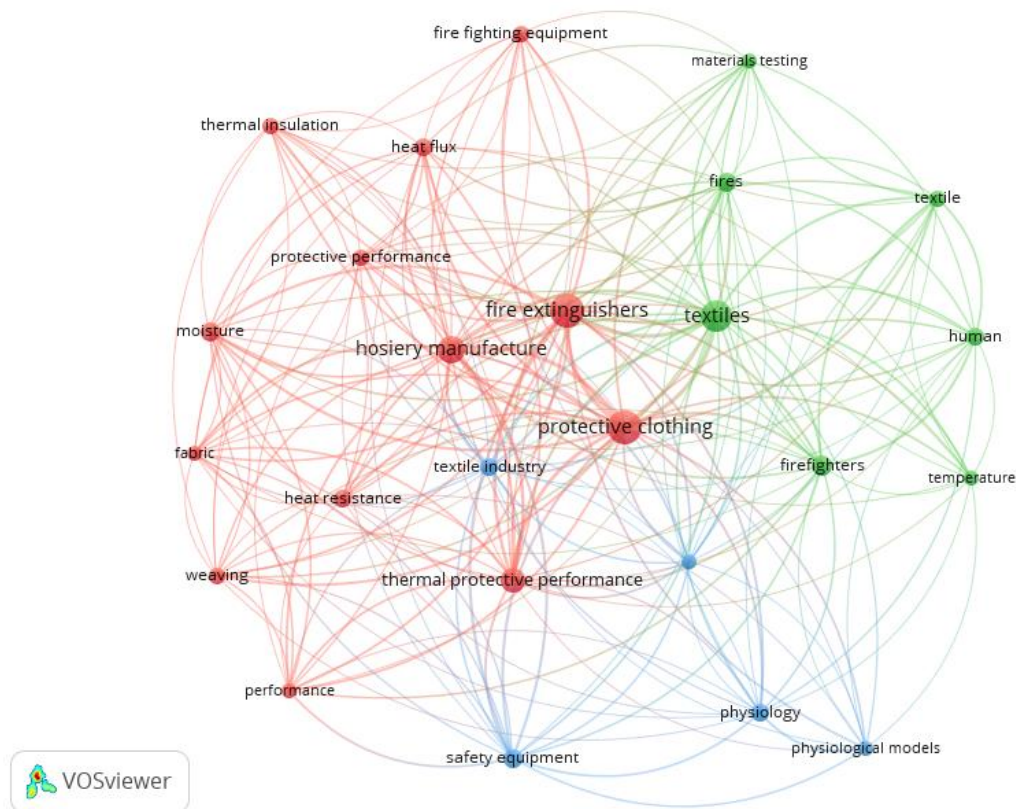
Figura 12 – Coocorrência de palavras-chave



Fonte: Elaborado pela autora através do VOSviewer© (2022)

As 783 palavras-chave foram divididas em 22 clusters de acordo com a aproximação da temática entre elas. Novamente, através do diâmetro dos nós, nota-se que as palavras-chave com maior ocorrência são protective clothing (36 ocorrências), seguidas por fire extinguishers (35 ocorrências) e têxteis (30 ocorrências). É possível observar a partir dos clusters com diâmetro menor, palavras-chave como temperature, thermal comfort, sweat, textile antennas, communication capacity. Em sequência, para facilitar a visualização dos grupos, selecionou-se apenas as palavras-chave com 5 ocorrências ou mais, resultando em 30 palavras (Figura 13).

Figura 13 – Coocorrência de palavras-chave com cinco ou mais ocorrências



Fonte: Elaborado pela autora através do VOSviewer© (2022)

Nota-se que as palavras-chave estão agrupadas por três diferentes cores, em que a cor vermelha reúne os termos associados a proteção térmica, desempenho térmico e transferência de calor. O segundo cluster, na cor verde, agrupa as palavras-chave, que traduzidas indicam têxteis, bombeiros e humanos (relativo ao utilizador). O terceiro, na cor azul, agrupa palavras como fisiologia, modelos fisiológicos e indústria têxtil. Associadas as lentes de pesquisa, pode-se reduzir que o maior número de ocorrências de palavras-chave estão associadas ao desempenho térmico e de proteção do vestuário utilizado pelos bombeiros (cor vermelha); que contemplam a realização de análises com os materiais têxteis utilizados (cor verde); e pela busca de entendimento da influência dos materiais têxteis utilizados para o desenvolvimento dos equipamentos e sobre o entendimento do fluxo de calor no vestuário de proteção dos bombeiros (cor azul).

4.3 ANÁLISE SISTÊMICA

Para compreender as necessidades e as tendências de pesquisa ao longo dos anos para as três lentes definidas previamente, dividiu-se os artigos por períodos de pesquisa. Portanto, dois grupos foram gerados para análise: 2010 a 2016 e 2017 a 2022, com 29 e 34 artigos, respectivamente, em cada grupo. A divisão dos artigos por lente de pesquisa está representada na Tabela 4.

Tabela 4 – Divisão dos artigos por lente de pesquisa

Autores	Propriedades dos materiais utilizados nos uniformes	Utilização de tecnologias emergentes inseridas aos uniformes	Verificação do desempenho de proteção térmica	Outros
Valozzi <i>et al</i> (2010)		X		
Van Torre <i>et al</i> (2010)		X		
Van Torre <i>et al</i> (2011)		X		
Barker <i>et al</i> (2011)	X			
Deuser <i>et al</i> (2012)	X			
Curone <i>et al</i> (2012)		X		
Wang <i>et al</i> (2013)	X			
Jin <i>et al</i> (2013)			X	
Slavinec <i>et al</i> (2013)	X			
Irzmańska <i>et al</i> (2014)	X			
Nazaré <i>et al</i> (2014)			X	
Farag, R. (2014)		X		

Autores	Propriedades dos materiais utilizados nos uniformes	Utilização de tecnologias emergentes inseridas aos uniformes	Verificação do desempenho de proteção térmica	Outros
Mandal S.; Song, G. (2014)			X	
Park <i>et al</i> (2014)	X			
Rogier <i>et al</i> (2014)		X		
Van Torre <i>et al</i> (2014)		X		
Hristian <i>et al</i> (2014)	X			
Mandal S.; Song, G. (2015)		X		
Collin <i>et al</i> (2015)	X			
Houshyar <i>et al</i> (2015)		X		
Voiring, G. (2015)		X		
Sullivan <i>et al</i> (2015)		X		
Akram, H. M. A.Weidong, Y. (2015)		X		
Tamuliene <i>et al</i> (2015)	X			

Autores	Propriedades dos materiais utilizados nos uniformes	Utilização de tecnologias emergentes inseridas aos uniformes	Verificação do desempenho de proteção térmica	Outros
Irzmańska E. (2015)	X			
Puszkarz, A. K.; Krucińska, I. (2016)			X	
Mandal, S.; Song, G. (2016)			X	
Van Torre <i>et al</i> (2016)		X		
Eryürük, S.H. (2016)			X	
Alptekin <i>et al</i> (2017)	X			
Kang <i>et al</i> (2017)				X
Fontana <i>et al</i> (2017)	X			
Polanský <i>et al</i> (2017)		X		
Song <i>et al</i> (2017)		X		
Mandal, S.; Song, G. (2018)			X	
Krzemińska, S.; Greszta, A. (2018)		X		

Autores	Propriedades dos materiais utilizados nos uniformes	Utilização de tecnologias emergentes inseridas aos uniformes	Verificação do desempenho de proteção térmica	Outros
Puszkarz, A. K.; Krucińska, I. (2018)	X			
Lu <i>et al</i> (2018)			X	
Zhang <i>et al</i> (2018)			X	
Su <i>et al</i> (2018)			X	
Shaid <i>et al</i> (2018)		X		
Zhang <i>et al</i> (2018)			X	
Barker <i>et al</i> (2018)	X			
Mandal <i>et al</i> (2018)			X	
Barker <i>et al</i> (2018)	X			
Song <i>et al</i> (2018)	X			
Miedzińska <i>et al</i> (2019)		X		
Jiang <i>et al</i> (2019)				X

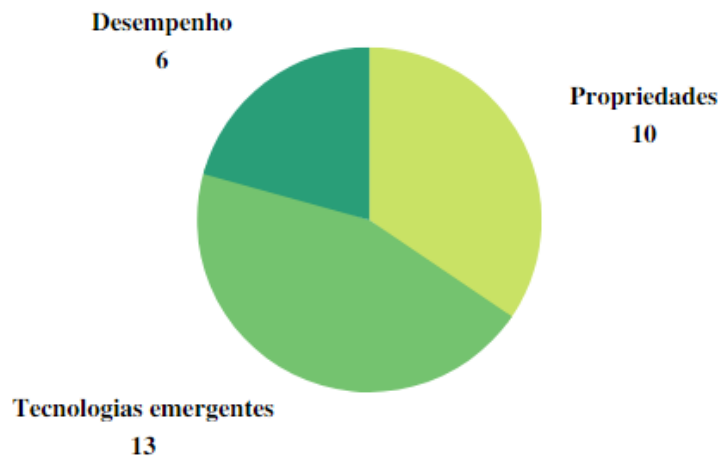
Autores	Propriedades dos materiais utilizados nos uniformes	Utilização de tecnologias emergentes inseridas aos uniformes	Verificação do desempenho de proteção térmica	Outros
Shaid <i>et al</i> (2019)	X			
Mandal <i>et al</i> (2019)	X			
Mandal <i>et al</i> (2019)	X			
Peaslee <i>et al</i> (2020)				X
Puszkarcz <i>et al</i> (2020)			X	
Cheng <i>et al</i> (2020)		X		
Zhu, F. L.; Li, Y. (2021)	X			
Song <i>et al</i> (2021)			X	
Alharbi <i>et al</i> (2021)				X
Ohalele <i>et al</i> (2022)	X			
Song <i>et al</i> (2022)	X			
Stolpman <i>et al</i> (2022)				X

Autores	Propriedades dos materiais utilizados nos uniformes	Utilização de tecnologias emergentes inseridas aos uniformes	Verificação do desempenho de proteção térmica	Outros
Muensterman <i>et al</i> (2022)				X
Wang <i>et al</i> (2022)		X		
Hoque <i>et al</i> (2022)	X			

Fonte: Elaborado pela autora (2022)

Na Tabela 4 foi incluída uma quarta coluna “outros”. Isto corresponde a outros aspectos abordados pelo artigo que não estão contemplados no objeto de estudo deste trabalho. Como exemplo, pode-se citar artigos em que os autores exploraram a questão da contaminação dos uniformes com substâncias presentes nos incêndios. Ainda em relação a esta tabela foi possível identificar o número de artigos presentes em cada lente de pesquisa (Figura 14).

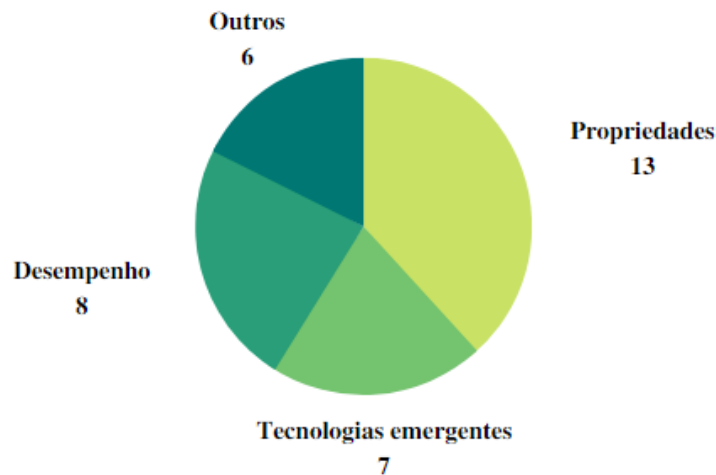
Figura 14 – Número de artigos nas lentes de pesquisa no período de 2010 a 2016



Fonte: Elaborado pela autora (2022)

Dentre os artigos analisados no primeiro período, observa-se que a maior tendência de pesquisa estava relacionada ao uso de tecnologias emergentes inseridas aos uniformes. Em seguida, observa-se 10 artigos publicados com foco na lente de análise das propriedades dos materiais. Por fim, verifica-se que os artigos analisados se encaixam na lente de análise do desempenho de proteção térmica. Já para o segundo período definido, o número de artigos presente em cada lente de pesquisa está representado na Figura 15.

Figura 15 – Número de artigos nas lentes de pesquisa no período de 2017 a 2022



Fonte: Elaborado pela autora (2022)

A partir da Figura 15, observa-se que para o segundo período de pesquisa, 13 artigos respondem a análise das propriedades dos materiais utilizados. Em sequência, com 8 artigos estão aqueles que estudam o desempenho de proteção térmica dos uniformes e a seguir, tem-se 7 artigos relacionados a utilização de tecnologias emergentes inseridas nos uniformes.

Realizada a análise quantitativa das respostas dos artigos quanto as lentes de pesquisa, a seguir será feita uma análise do conteúdo destes artigos por lente.

4.3.1 Propriedades dos materiais utilizados nos uniformes

Os uniformes de bombeiros para incêndio apresentam, atualmente, três camadas principais. A camada mais próxima ao corpo, responsável por garantir a respirabilidade e o conforto do usuário, a camada intermediária, responsável por impedir a passagem de

substâncias externas, e a camada mais externa, que pode apresentar um revestimento com o objetivo de suportar elevadas temperaturas e não propagar as chamas.

Dentre os artigos analisados no primeiro grupo, entre 2010 e 2016 nota-se o interesse dos autores em estudar como o sistema de camadas influencia no conforto térmico dos bombeiros e na sensação de umidade, devido ao suor, ao utilizá-lo. Barker *et al* (2011) fazem uma análise dos fatores que afetam o isolamento térmico e a resistência à abrasão de nãotecidos utilizados em forros térmicos nos uniformes de bombeiro. Neste artigo, os autores avaliam as relações de permeabilidade, massa e volume de nãotecidos hidroconsolidados produzidos a partir de poliacrilonitrila (PAN), p-AR e m-AR. Como resultado, amostras com mais quantidade de p-AR em sua composição apresentam maior resistência à abrasão, bem como aumento do isolamento térmico devido à maior espessura e emaranhamento do nãotecido, proporcionando incorporação de ar.

Com o objetivo de avaliar o conforto de calçados de proteção utilizados por bombeiros produzidos utilizando têxteis em seu interior, Irzmańska *et al* (2014) realizaram alguns ensaios, como medição da temperatura e umidade dentro do calçado, consequente aumento de massa, medição dos fluxos sanguíneos nas extremidades inferiores dos pés e avaliação do conforto por meio de questionários. Obtiveram como resultados um aumento do fluxo sanguíneo e queixas em relação às sensações ao utilizar os calçados específicos. O fato é que o isolamento completo dos pés com esse tipo de calçado pode afetar suas propriedades fisiológicas e influenciar na saúde dos trabalhadores, devido a existência de umidade proporcionada pelo suor acumulado, que pode gerar um pH mais alcalino na pele, causando a proliferação de bactérias e fungos.

Já Tamuliené *et al* (2015), por exemplo, tomam como base em seu artigo “Influence of Structure of Multilayer System on Functional Characteristics of Clothing for Firefighters” o fato de que o desempenho dos uniformes de bombeiro pode aumentar com a adição de uma superfície tridimensional que proporciona aumento do isolamento térmico pela incorporação de ar no seu interior. Portanto, a massa da estrutura não é alterada. No decorrer do experimento, os autores submeteram as amostras a ensaio de tração, estabilidade dimensional após lavar em água quente, permeabilidade à água e ao ar. Como resultado apresentaram valores que comprovam que o aumento das propriedades térmicas é garantido com a superfície tridimensional, bem como o conforto ao utilizar o uniforme.

Ainda no que se refere a primeira lente, dentre os artigos analisados entre 2017 e 2022, notou-se interesse dos autores em avaliar o conforto fisiológico dos profissionais ao utilizarem os uniformes e a resistência térmica dos sistemas multicamadas presentes nos uniformes frente

ao calor e às chamas, por meio de modelos numéricos e aparelhos para medição da transferência de calor em seu interior.

Em 2017, Alptekin *et al* realizaram um estudo numérico, em que o uso de materiais de mudança de fase é utilizado em uniformes de proteção de bombeiros. Os autores utilizaram substratos que apresentavam materiais de mudança de fase incorporados para aumentar o conforto térmico e proteger a pele dos profissionais de queimaduras, causadas pelo aquecimento, em incêndios. A análise das amostras foi realizada por um modelo numérico através de um software chamado ANSYS-FLUENT, variando os limites térmicos do uniforme e calculando o fluxo de calor em função do tempo. Os autores concluíram que o modelo numérico utilizado prevê o aumento de temperatura e os danos ao uniforme ao longo do tempo. Além disso, os materiais de mudança de fase oferecem maior proteção aos usuários, porém, devem ser escolhidos de acordo com o ponto de fusão dos mesmos, para que não sejam mais baixos que as temperaturas observadas no interior dos uniformes.

Song *et al* (2018) consideraram a transferência de calor por radiação e condução nos uniformes de bombeiros e desenvolveram um modelo numérico que previa o estresse térmico dos usuários ao utilizar uniformes compostos pelo conceito multicamadas. Os autores primeiramente analisaram a transferência de calor entre as camadas do vestuário e em seguida no microclima proporcionado entre a pele e o vestuário, simulando um ambiente similar ao de combate a incêndios, com taxa de 290 watts por metro quadrado. Através do modelo numérico utilizado e do resultado dos experimentos, os resultados obtidos indicam que quanto mais exposto ao calor radiativo, menor é o tempo seguro para exposição e maior o desgaste fisiológico dos bombeiros. Além disso, observaram que quanto maior a distância entre o uniforme e a pele, menor o desgaste fisiológico, porém, maior a transferência de calor total, devido ao calor por convecção ocorrente neste espaço.

Já Shaid *et al* (2019), por sua vez, desenvolveram um aparelho similar a uma balança de mesa para avaliar a resistência térmica do vestuário composto pelo conceito multicamadas utilizado para proteção contra o calor por radiação e condução. A variável alterada foi a espessura, sendo a camada exterior composta por Nomex® III, que apresenta maior proteção contra respingos de produtos químicos, com sensores de temperatura aplicados em cada camada. Os resultados, através da termografia, indicam que a medida em que ocorre o aumento da espessura das camadas, diminui-se a intensidade de calor, e também a diferença de temperatura nos sensores em diferentes localidades do vestuário. Por fim, foi determinado também o tempo disponível durante um salvamento para que não ocorram lesões na pele.

4.3.2 Utilização de tecnologias emergentes inseridas aos uniformes

O uso de tecnologias inseridas aos uniformes de bombeiro possui como principal função permitir um monitoramento das atividades dos profissionais, o comportamento corpóreo durante situações de risco, bem como o desempenho do vestuário perante chamas e calor excessivo. Dentre os artigos analisados entre 2010 e 2016, o artigo escrito por Valozzi *et al* (2010), por exemplo, possui como objetivo analisar um sistema de antenas de polarização dupla, ao invés de polarização única, acopladas a uma jaqueta de bombeiro, que permite a comunicação dos profissionais em resgate com os profissionais situados na base de atendimento. O sistema em questão apresenta grandes desafios, visto que os profissionais, ao entrarem em incêndios em ambientes fechados, perdem parte do sinal das antenas, bem como realizam movimentos bruscos, que podem afetar o funcionamento das mesmas.

Outro exemplo de artigo, dentre os exportados para análise é o de Song e Mandal (2014), em que realizam uma revisão da literatura a respeito do emprego de diferentes tipos de sensores para avaliar o fluxo de calor no vestuário de proteção antichamas. Neste artigo, os autores apresentam as vantagens e desvantagens do uso dos sensores através da avaliação por meio de equações para medir o fluxo de calor. Por fim, obtêm como conclusão o fato de que os sensores utilizados até o ano de publicação do artigo não são completamente confiáveis para avaliar o desempenho quando a exposição do profissional é por um período mais longo. Além disso, como sugestões futuras, os autores mencionam o uso de tecnologias para melhorar o desempenho dos sensores, como uso de fibra óptica ou nanotubos, por exemplo.

Já Van Torre *et al* (2011), também realizaram um estudo sobre antenas de comunicação com dupla polarização utilizadas na parte frontal e posterior das jaquetas de bombeiro (Figura 16). A utilização da tecnologia de múltiplas entradas e múltiplas saídas (MIMO) permite maior capacidade de transmissão e recepção dos sinais das antenas, possibilitando uma melhor comunicação entre os bombeiros em ambientes fechados e os profissionais situados na base de atendimentos. Após a realização de simulações matemáticas, com profissionais com alturas diferentes, os autores concluíram que o método MIMO é mais confiável para ambientes fechados, devido a menor perda de caminho e sobreposição da comunicação.

Figura 16 – Posicionamento das antenas de comunicação



Fonte: Adaptado de Van Torre *et al* (2011)

Já no período de tempo compreendido entre 2017 e 2022, os autores exploraram o uso de aerogel, inserção de eletrônicos e nanotecnologias inseridas nos uniformes de bombeiro. Novamente, Song *et al* (2017) realizaram um estudo a respeito do desempenho de proteção térmica a partir do conceito multicamadas com a incorporação de aerogel e materiais de mudança de fase microencapsulados. Os autores utilizaram amostras em que as camadas eram produzidas a partir de m-AR, p-AR, PTFE, tecido anti-estático, aerogel e materiais de mudança de fase com diferentes temperaturas de fusão, sendo elas 45 °C e 50 °C. Os tecidos permaneceram expostos por 240 segundos a uma intensidade de calor de 15 quilowatts por metro quadrado. A análise dos resultados por intermédio de um software, de um sensor que simula a pele e uma fonte de calor indica um maior desempenho de proteção térmica com o material de mudança de fase com ponto de fusão de 45 °C localizado mais próximo a pele, bem como o aprimoramento do uniforme com a incorporação do aerogel. A combinação das duas tecnologias melhorou o desempenho térmico do vestuário em 90 % quando comparado à amostra controle utilizada na pesquisa.

Em 2020, Cheng *et al* publicaram sobre o uso de nanogeradores triboelétricos (que são aqueles que ao serem submetidos a esforços mecânicos, geram cargas com polaridade opostas, resultando em potencial elétrico) (AMARAL *et al.*, 2019) baseados em têxteis retardantes de chamas aplicados em vestuário de proteção contra incêndio. Neste artigo, um nanogerador triboelétrico foi produzido através de um tecido de algodão retardante de chamas e outro revestido com PTFE. Os autores obtiveram como resultados sensores que podem transmitir

informações sobre um incêndio em tempo real e que podem coletar energia mecânica dos utilizadores.

Já em 2022, Wang *et al* desenvolveram um *e-textile* baseado em fibra de aerogel que permite o monitoramento da temperatura do vestuário utilizado para combater incêndios. Através de aerogel produzido a partir alginato de cálcio (CA), nanopartículas de Fe_3O_4 e nanofios de prata, os autores conseguiram desenvolver um *e-textile* que possui a habilidade de detectar a temperatura entre 100 e 400 °C e alarmar o profissional caso o vestuário apresente mau funcionamento durante a situação de incêndio. Além disso, ao utilizar este uniforme, o usuário pode ser facilmente localizado pelos socorristas em caso da ocorrência de algum mal súbito.

4.3.3 Verificação do desempenho de proteção térmica

Ao realizar o serviço de resgate durante um incêndio, os bombeiros passam por situações de risco com elevada radiação térmica, contato com objetos quentes e grande exposição ao calor. Por isso, necessitam de um vestuário de proteção que ofereça excelente desempenho de proteção térmica. Com o objetivo de avaliar o desempenho térmico dos uniformes, diversos autores realizaram estudos referentes a análises de desempenho térmico entre o período de 2010 a 2016. O artigo de Jin *et al* (2013), em que os autores fazem uma análise do efeito da aplicação de aerogel nos uniformes de bombeiro, é um exemplo deles. Para avaliar o desempenho do uniforme com tal aplicação, os autores realizam ensaios de degradação, retardamento de chamas e permeabilidade ao vapor em amostras com aplicação de 5 % em massa de aerogel dissolvido em acetona, de acordo com a norma ISO 9151. Como resultados, apresentaram a dificuldade em manusear a acetona, devido à alta volatilidade da mesma, dificultando a impregnação na camada de não tecido testada. Porém, apresentaram também um aumento das propriedades térmicas dos uniformes proporcional à aplicação do aerogel.

Outro artigo que contempla esta lente de pesquisa é novamente de Mandal e Song, publicado em 2014. Neste artigo os autores realizam uma análise empírica do desempenho dos materiais utilizados no vestuário de proteção pessoal para bombeiros quando expostos a chamas, ao calor por radiação e a superfícies quentes. As amostras analisadas eram de diferentes espessuras, estruturas e percentuais de Nomex®, Nomex® III, Kevlar®, PBI, e materiais com tratamento retardante de chamas. Como resultados, os autores citaram o fato de que o

desempenho térmico é maior quando utilizado o conceito multicamadas do que em substratos compostos por apenas uma camada de tecido. Também identificaram que a localização da camada responsável por barrar a umidade é crítica para o desempenho térmico. Além disso, puderam concluir que a espessura do tecido e sua resistência térmica afetam seu desempenho quando expostos ao calor por radiação, superfícies quentes e às chamas diretas.

Em 2016, Puszkarz e Krucińska avaliaram o conforto e o isolamento térmico dos uniformes de incêndio dos bombeiros através de ensaios em materiais multicamadas produzidos a partir de p-AR, m-AR, PTFE, poliuretano (PU) e fibra de carbono, a partir da utilização de câmeras de imagem térmica e modelagens tridimensionais de fenômenos de transferência de calor. Os autores obtiveram uma simulação muito próxima da realidade, sendo assim, efetiva para prever propriedades térmicas em novos materiais têxteis. Foi possível também observar forte relação entre as características físicas dos tecidos (geometria e composição) com o isolamento térmico.

Entre os artigos publicados no período de tempo entre 2017 e 2022, notou-se uma maior quantidade de artigos que avaliam o desempenho de proteção térmica nos anos de 2017 e 2018, como por exemplo o de Zhang *et al* (2018), em que os autores estudam os efeitos da umidade no desempenho de proteção térmica do vestuário de proteção dos bombeiros. Neste artigo, os autores avaliaram amostras de tecidos utilizados na parte externa dos uniformes produzidos nas composições de aramida e viscose com propriedade retardante de chamas, e analisaram forros dos uniformes produzidos com diferentes espessuras. Através de três diferentes condições de umidade dos tecidos, foi possível avaliar por meio de um software e de um manequim, o tempo estimado para ocorrer queimadura do usuário do uniforme e os índices de energia absorvidos.

Os dados obtidos mostraram que a umidade na camada externa do vestuário atua positivamente na prevenção às queimaduras, porém, a umidade presente na camada mais próxima à pele diminui o desempenho de proteção do vestuário.

Em 2018, os autores Mandal *et al* estudaram sobre o desempenho de proteção térmica de tecidos utilizados por bombeiros para exposição a chamas de elevada intensidade, simuladas em laboratório. Os ensaios realizados pelos autores nos tecidos de PTFE ocorreram de acordo com as normas ISO 9151:1995 e ISO 6942:2002, e contemplaram o uso de chamas em pequena escala, calor radiante e chamas repentinas. Como resultados, os autores obtiveram variações de desempenho de proteção térmica com as mudanças de estruturas e propriedades dos diferentes tecidos utilizados, sendo que, tecidos mais espessos e impermeáveis ao ar apresentaram maior

desempenho. Além disso, observaram também maior desempenho dos tecidos frente a chamas quando comparados ao calor radiante.

5 CONCLUSÃO

A partir deste estudo pode-se observar que os principais focos de pesquisa identificados nos artigos analisados centram-se na utilização de novas tecnologias. Sendo que, no período relativo a 2010 a 2022, a análise das propriedades dos materiais utilizados, a utilização de tecnologias emergentes inseridas aos uniformes e a verificação do desempenho de proteção térmica obtiveram maior ênfase nos artigos identificados.

Quanto a análise dos artigos correspondente ao período entre 2010 a 2016, indica que o panorama de pesquisa levava em conta o estudo da melhoria resultante da incorporação de ar nas estruturas multicamadas utilizadas nos uniformes de bombeiros. Além disso, outro foco observado neste período é a utilização de antenas inseridas aos uniformes para melhorar a comunicação entre os bombeiros, e também permitir que sejam localizados.

Para os artigos do segundo período, entre 2017 a 2022, observou-se o panorama de pesquisa relacionada ao uso de aerogéis, incorporação de materiais com mudança de fase aos uniformes, e também, estudos com simulações e modelos matemáticos para prever a transferência de calor nos uniformes multicamadas e prevenir queimaduras ao utilizá-los.

Em complementação a análise sistêmica obteve-se alguns índices que permitem afirmar que os Estados Unidos figuram como sendo um dos países que mais investem na publicação de artigos nesta temática, seguido pela China, despontando como as principais instituições de pesquisa a Iowa State University. Observou-se também que o periódico de maior destaque é o Textile Research Journal seguido pela IEEE Transactions on Antennas and Propagation. Tal informação é importante uma vez que direciona os pesquisadores sobre quais revistas escolher durante o momento de publicar seus dados de pesquisa. Além disso, as principais palavras-chave observadas foram *protective clothing*, *fire extinguishers* e *textiles*.

Em vista do exposto, observa-se que existe forte tendência em avançar no uso de materiais inteligentes, com o objetivo de suprir cada vez mais as necessidades destes profissionais ao combaterem incêndios.

5.1 TRABALHOS FUTUROS

Para futuros trabalhos sugere-se estudar:

- a) O ciclo de vida dos uniformes;
- b) A influência dos ciclos de lavagem no desempenho dos uniformes durante uma situação de incêndio;
- c) Quais e quantos são os artigos relacionados à temática estudada em outras bases de dados, como a Web of Science ou Dimensions.

REFERÊNCIAS

- AMARAL, A. C. C. *et al.* NANOGERADORES TRIBOELÉTRICOS: NOVOS DISPOSITIVOS PARA ENERGY HARVESTING. In: LEANDRO NETO, João *et al.* **Meio Ambiente, Sustentabilidade e Agroecologia** 4. Ponta Grossa: Atena Editora, 2019. p. 149-156.
- ARANTES, R. C. *et al.* A transformação digital e o conhecimento organizacional: Uma revisão sistemática da literatura. **Contextus – Revista Contemporânea de Economia e Gestão**, p 316- 329, 2021. Disponível em: https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/63980/1/2021_art_rcarantes.pdf. Acesso em: 14 abr. 2022.
- BARKER, R. *et al.* Evaluating turnout composite layering strategies for reducing thermal burden in structural firefighter protective clothing systems. **Textile Research Journal**. Carolina do Norte, p. 1217-1225, 2016.
- BERRIEL, P.; SANTOS, M. Bibliometria com o VOSviewer. 2020. DOI: 10.13140/RG.2.2.23911.68006.
- BOTELHO, L. L. R. *et al.* Revisão bibliométrica sobre a produção científica em aprendizagem gerencial. **Gestão e Sociedade**, [S. l.], v. 4, n. 8, p. 620-639, 2011.
- BRUSHLINSKY, N. *et al.* World Fire Statistics. **Center For Fire Statistics Ctif**, [S. l.], v. 25, n. 1, p. 1-67, 2020.
- CHOWDHURY, S. **Protective Textiles Introduction**. 2018. Disponível em: <https://textilestudycenter.com/protective-textiles-introduction/>. Acesso em: 16 jul. 2022.
- CIAMPO, M. N. **Fabrics And Fibers Protecting The Firefighter**. 2017. Nonwovens Industry. Disponível em: https://www.nonwovens-industry.com/contents/view_features/2005-08-17/fabrics-and-fibers-protecting-the-firefighter. Acesso em: 17 jul. 2022.
- CNBC - Conselho Nacional de Bombeiros Civis. CNBC 03/2012: Uniformes, simbologias e identificação visual do Bombeiro Civil. São Paulo – SP. 34 p. 2012.
- DESAI, D. *et al.* Industrial and Commercial Applications of Used Defense Technical Textiles Polymer Product Recycling. **Macromolecular Symposia**. Weinheim, p. 57-60, 2012.
- DHANUMALAYAN, E.; JOSHI, G. M. Performance properties and applications of polytetrafluoroethylene (PTFE)—a review. **Adv Compos Hybrid Mater**, v. 1, p. 247–268, 2018.
- ECK, N. J. V.; WALTMAN, L. Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. **Scientometrics**, v. 84, p. 523 – 528, 2010.
- EN - European Standards. **EN 469:2005**: Protective clothing for firefighters - Performance requirements for protective clothing for firefighting activities. England, 2005.

- FERREIRA, A.; FERREIRA, F.; OLIVEIRA, F. Têxteis Inteligentes – Uma breve revisão da literatura. **Redige**, [s. l.], v. 5, n. 1, p. 2-3, abr. 2014. Disponível em: file:///C:/Users/Adm/Downloads/Texteisinteligentes-umabreve.pdf. Acesso em: 05 jun. 2022.
- GHAJAR, A. J.; ÇENGEL, Y. A. Transferência de calor e massa: Uma abordagem prática. 4. ed. Nova Iorque: **AMGH Editora Ltda**, 2012. 416 p.
- GAUCHE, H. *et al.* Screen Printing of Cotton Fabric with Hydrochromic Paste: Evaluation of Color Uniformity, Reversibility and Fastness Properties. **Journal of Natural Fibers**, p. 1-12, 2020. DOI: 10.1080/15440478.2020.1821288.
- GOMES, C. E. **Tendências Tecnológicas no Segmento Brasileiro de Têxteis Técnicos: Um Exercício de Prospecção**. 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2016.
- HORROCKS, A. R.; ANAND, S. C. Handbook of Technical Textiles. Cambridge: **Woodhead Publishing Limited In Association With The Textile Institute Abington Hall**, Abington, 2000. 677 p.
- HUANG, D. *et al.* **Questionnaire on Firefighters' Protective Clothing in China**. Hefei: Springer Science+Business Media, Llc, 2012. 14 p. Disponível em: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s10694-011-0214-0.pdf>. Acesso em: 05 jun. 2022.
- ISO - International Organization for Standardization. **ISO 11613:2017**: Protective clothing for firefighter's who are engaged in support activities associated with structural fire fighting - Laboratory test methods and performance. England: Iso Copyright Office, 2017.
- ISO - International Organization for Standardization. **ISO 11999-3:2015**: PPE for firefighters - Test methods and requirements for PPE used by firefighters who are at risk of exposure to high levels of heat and/or flame while fighting fires occurring in structures — Part 3: Clothing. France: Iso Copyright Office, 2015.
- ISO - International Organization for Standardization. **ISO 21942:2019**: Station Uniform for firefighters. Belgium: Iso Copyright Office, 2019.
- ISO - International Organization for Standardization. **ISO 9151:1995**: Protective clothing against heat and flame – Determination of heat transmission on exposure to flame. Iso Copyright Office, 2016.
- KEISER C.; ROSSI R. M. Temperature analysis for the prediction of steam formation and transfer in multilayer thermal protective clothing at low level thermal radiation. **Text Res J**: 2008; v. 78 p. 1025- 1035.
- KONCAR, V. **Smart textiles and their applications**. Duxford: Woodhead Publishing Series In Textiles, 2016. 722 p.
- KOTHANDARAMAN, C. P. **Fundamentals of Heat and Mass Transfer**. 3. ed. Nova Delhi: New Age International Publishers, 2006. 729 p.

LOBO, R. *et al.* **Fundamentos da tecnologia têxtil: Da concepção da fibra ao processo de estamparia.** São Paulo: Erica, 2014.

MAHESH, G; SORNAPUDI, S. D. Techniques and applications of smart textiles. **International Journal Of Computer Science.** Karaikudi, p. 2133-2141. 16 fev. 2017.

MANDAL, S. *et al.* Firefighters' Protective Clothing and Equipment. In: SONG, Guowen; WANG, Faming. **Firefighter's Clothing and Equipment : Performance, Protection and Comfort.** Nova Iorque: Crc Press, 2018. Cap. 2. p. 1-22.

MANDAL, S. *et al.* Thermal characterization of fire-protective fabrics. In: JAFFE, Michael *et al.* **Thermal Analysis of Textiles and Fibers.** [S. l.]: Woodhead Publishing, 2019. Cap. 21. p. 355-387.

MENDES, G. **O que é GAP? Aprenda sobre este conceito e suas definições.** 2022. FM2S Educação e Consultoria. Disponível em: <https://www.fm2s.com.br/gap/>. Acesso em: 17 jul. 2022.

MICHAELIS. [S. l.]: Melhoramentos, 2022. Disponível em: <https://michaelis.uol.com.br/>. Acesso em: 17 jul. 2022.

NFPA - National Fire Protection Association. **NFPA 1851:2020: Standard on Selection, Care, and Maintenance of Protective Ensembles for Structural Fire Fighting and Proximity Fire Fighting.** 2020.

NOMEX. 2022. DuPont. Disponível em: <https://www.dupont.com/brands/nomex.html>. Acesso em: 17 jul. 2022.

O QUE é colete balístico. 2019. Disponível em: <https://www.tamtex.com.br/o-que-e-colete-balistico/>. Acesso em: 17 jul. 2022.

OCDE - Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico. **Compendium of Bibliometric Science Indicators.** 2015. Disponível em: <https://www.oecd.org/sti/inno/Bibliometrics-Compendium.pdf>. Acesso em: 17 jul. 2022.

PAIM, A. A. M. **Mapeamento e análise bibliométrica das publicações científicas de têxteis para proteção aplicados durante pandemias.** 2021. 82 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Têxtil, Universidade Federal de Santa Catarina, Blumenau, 2021. Disponível em:

https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/224034/TCC_AnaAline_%282021%29%28FINAL%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 15 abr. 2022.

PBI fibers. 2020. Disponível em: <http://polymerdatabase.com/Fibers/PBI.html>. Acesso em: 17 jul. 2022.

PEREIRA, A. L. S. **Aerogéis de nanocelulose funcionalizados para absorção seletiva de solventes orgânicos**. 2018. 115 f. Tese (Doutorado) - Curso de Química, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.

PERKINS, R. M. Insulative Values of Single-Layer Fabrics for Thermal Protective Clothing. **Textile Research Journal**. Louisiana, p. 202-212, 1979.

PINTO, C; CHRISTINO, J. Violência contra mulheres: 44 anos de pesquisa mapeados a partir dos softwares citespace e VOSviewer. **Pensando fam.**, Porto Alegre , v. 25, n. 2, p. 159-175, 2021. Disponível em: http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1679-494X2021000200012&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 05 jun. 2022.

PIXABAY. Banco de imagens. Disponível em: <https://pixabay.com/pt/>. Acesso em: 17 jul. 2022.

REZAZADEH, M; TORVI, A. **Assessment of Factors Affecting the Continuing Performance of Firefighters' Protective Clothing: A Literature Review**. Saskatoon: Springer Science+Business Media, LLC, 2011. 35 p. Disponível em: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s10694-010-0188-3.pdf>. Acesso em: 05 jun. 2022.

SALAÜN, F. Phase Change Materials for Textile Application. In: KÖRLÜ, Ayşegül. **Textile Industry and Environment**. [S. l.]: Intechopen, 2019. p. 104.

SCOTT, R. A. **Textiles for protection**. Washington: Woodhead Publishing, 2005. p. 21 - 23.

SEMELER, A. R. **Visualização de redes bibliométricas**. [S. l.]: UFRGS, 2019. 22 slides, color.

SONG, G; MANDAL, S; ROSSI, R. **Thermal Protective Clothing for Firefighters**. Duxford: Woodhead Publishing Series In Textiles, 2017. p. 2-4.

STRANSKY, A; REISCHL, U. Comparative Assessment of GORETEXTM and NEOPRENETM Vapor Barriers in a Firefighter Turn-Out Coat. **Textile Research Journal**. Michigan, p. 643-647, 1980.

TECHNICAL Textile Market. **Technical Textile Market by Material (Natural Fiber, Synthetic Polymer, Metal, Mineral, Regenerated Fiber), by Process (Woven, Knitted, Non-woven), by Application (Mobiltech, Indutech, Protech, Buildtech, Packtech), and Region - Global Forecast to 2025**. 2021. Disponível em: <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/technical-textile-market-1074.html>. Acesso em: 15 abr. 2022.

TECHNICAL Textiles Market. **Technical Textiles Market Snapshot**. 2021. Disponível em: <https://www.futuremarketinsights.com/reports/technical-textiles-market>. Acesso em: 15 abr. 2022.

TEIJIN Aramid: História. **História**. Disponível em: <https://www.teijinaramid.com/pt-br/quem-somos/historia/>. Acesso em: 05 jun. 2022.

TEXTILE fibers: everything you need to know about the subject: Audaces manual. 2022.

Disponível em: <https://audaces.com/en/textile-fibers/>. Acesso em: 17 jul. 2022.

WANG, K. *et al.* Polybenzimidazoles (PBIs) and state-of-the-art PBI hollow fiber membranes for water, organic solvent and gas separation: a review. **Journal of Materials Chemistry A**, v. 10, n. 16, p. 8687 – 8718, 2022.

WANG, R. *et al.* Structure and properties of polytetrafluoroethylene (PTFE) fibers. **E-Polymers**, v. 17, n. 3, p. 215 – 220, 2017.

WALLIN, J. A. Bibliometric Methods: Pitfalls and Possibilities. **Pharmacology & Toxicology**, v. 97, p. 261 – 275, 2005.

YAO, L. *et al.* Fabrication of Meta-aramid Fibril by Precipitation. **Fibers and Polymers**, v. 13, n. 3, p. 277 – 281, 2012.

YOUNG, R. **Understanding Turnout Gear**. 2010. Fire Apparatus & Emergency Equipment. Disponível em: <https://www.fireapparatusmagazine.com/ems/understanding-turnout-gear/#gref>. Acesso em: 17 jul. 2022.

ZHOU, W. *et al.* Overview of protective clothing. In: SCOTT, Richard A. *et al.* **Textiles for Protection**. Lincoln: Woodhead Publishing Series In Textiles, 2005. p. 3-30.

APÊNDICE A – Artigos exportados para análise

A Tabela A1 apresenta as referências dos artigos analisados.

Tabela A1 – Referências dos artigos analisados

Número	Referências	Citações
1	VALLOZI, L. <i>et al.</i> Wireless communication for firefighters using dual-polarized textile antennas integrated in their garment. IEEE transactions on antennas and propagations , v. 58, n. 4, p. 1357 – 1358, 2010.	82
2	VAN TORRE, P. <i>et al.</i> Dynamic link performance analysis of a rescue worker's off-body communication system using integrated textile antennas. IET Science, Measurement and Technology , v. 4, n. 2, p. 41 – 52, 2010.	13
3	VAN TORRE, P. <i>et al.</i> Indoor off-body wireless MIMO communication with dual polarized textile antennas. IEEE Transactions on Antennas and Propagations , v. 59, n. 2, p. 631 – 642, 2011.	39
4	BARKER, R. L.; HENIFORD, R. C. Factors affecting the thermal insulation and abrasion resistance and heat resistant hydro-entangled nonwoven batting materials for use in firefighter turnout suit thermal liner systems. Journal of Engineered Fibers and Fabrics , v.6, n.1, p. 1 – 10, 2011.	31
5	DEUSER, L. <i>et al.</i> Interlaboratory study of ASTM F2731, Standard test method for measuring the transmitted and stored energy of firefighter protective clothing systems. Journal of ASTM International , v.9, n.3, 2012.	1
6	CURONE, D. <i>et al.</i> Assessment of sensing firefighters uniforms for physiological parameter measurement in harsh environment. IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine , v. 16, n. 3, p. 501 – 511, 2012.	15
7	WANG, Y. <i>et al.</i> Effects of inner and outer clothing combinations on firefighter's ensembles thermal and moisture related comfort levels. Journal of the Textile Institute , v. 104, n. 5, p. 530 – 540, 2013.	17
8	JIN, L. <i>et al.</i> Effect of aerogel on thermal protective performance of firefighter clothing. Journal of Fiber Bioengineering and Informatics , v. 6, n. 3, p. 315 – 324, 2013.	36

Número	Referências	Citações
9	SLAVINEC, M. <i>et al.</i> Investigation of clothing comfort using physical analysis and “thermal suits”. Tekstil , v. 62, n. 9 – 10, p.361 – 369, 2013.	0
10	IRZMANSKA, E. <i>et al.</i> New approach to assessing comfort of use of protective footwear with a textile liner and its impact on foot physiology. Textile Research Journal , v. 84, n. 7, p. 728 – 738, 2014.	29
11	NAZARÉ, S. <i>et al.</i> Protective Performance of Environmentally Stressed fabrics containing melamine fiber blends. Fire Technology , v. 50, n. 5, p. 1301 – 1323, 2014.	2
12	FARAG, R. Enhancing the protection performance of flame resistant fabrics using phase change materials. AATCC Journal of Research , v. 1, n. 4, p. 5 – 10, 2014.	0
13	MANDAL, S.; SONG, G. An empirical analysis of thermal protective performance of fabrics used in protective clothing. Annals of Occupational Hygiene , v. 58, n.8, p. 1065 – 1077, 2014.	27
14	PARK, H. <i>et al.</i> Beyond protection: Technology and design moving toward human factors of fire gear. AATCC Review , v. 14, n. 5, p. 40 – 45, 2014.	3
15	ROGIER, H. <i>et al.</i> Synchronous wearable wireless body sensor network composed of autonomous textile nodes. Sensors (Switzerland) , v. 14, n. 10, p. 18583 – 18610, 2014.	18
16	VAN TORRE, P. <i>et al.</i> Flexible dual-diversity wearable wireless node integrated on a dual-polarized textile patch antenna. IET Science, Measurement and Technology , v. 8, n. 6, p. 452 – 458, 2014.	11
17	HRISTIAN, L. <i>et al.</i> Study of the tensile properties of materials destined to manufacture protective clothing for fireman. Materiale Plastice , v. 51, n. 4, p. 405 – 409, 2014.	29
18	MANDAL, S. SONG, G. Thermal sensors for performance evaluation of protective clothing against heat and fire: A review. Textile Research Journal , v. 85, n. 1, p. 101 – 112, 2015.	48
19	COLLIN, A. <i>et al.</i> Study of visible-IR radiative properties of personal protective clothing for firefighting. Fire Safety Journal , v. 71, p. 9 – 19, 2015.	9
20	HOUSHYAR, S. <i>et al.</i> The impact of super-absorbent materials on the thermo-physiological properties of textiles. Textile Research Journal , v. 85, n.6, p. 601 – 608, 2015.	3

Número	Referências	Citações
21	VOIRIN, G. Working garment integrating sensor applications developed within the PROeTEX project for firefighters. Advances in Intelligent Systems and Computing , v. 333, p. 25 – 33, 2015.	8
22	SULLIVAN, J. <i>et al.</i> Carbon nanotube fabric cooling system for firefighters and first responders: Modeling and simulation. Journal of Fiber Bioengineering and Informatics , v. 8, n. 1, p. 1 – 12, 2015.	4
23	AKRAM, H. M. A.; WEIDONG, Y. Analysis of the thermal regulating properties of fire-fighting protective clothing with an incorporated phase-change materials. Heat Transfer Research , v. 46, n. 7, p 657 – 671, 2015.	5
24	TAMULIENÉ, V. <i>et al.</i> Influence of structure of multilayer system on functional characteristics of clothing for firefighters. Medziagotyra , v. 21, n.1, p. 74 – 80, 2015.	0
25	IRZMANSKA, E. The impact of different types of textile liners used in protective footwear on the subjective sensations of firefighters. Applied Ergonomics , v. 47, p. 34 – 42, 2015.	14
26	PUSZKARZ, A. K.; KRUSCINSKA, I. Study of multilayer clothing thermal insulation using thermography and the finite volume method. Fibers and Textiles in Eastern Europe , v. 24, n. 6, p. 129 – 137, 2016.	16
27	MANDAL, S.; SONG, G. Characterizing fabrics in firefighter’s protective clothing: Hot water immersion with compression. AATCC Journal of Research , v. 3, n. 2, p. 8 – 15, 2016.	8
28	VAN TORRE, P. <i>et al.</i> Capacity of broadband body-to-body channels between firefighters wearing textile siw antenas. IEEE transactions on antennas and propagations , v. 64, n. 5, p. 1918 – 1931, 2016.	17
29	ERYÜRÜK, S.H. Analysis of thermal properties of firefighter’s protective clothings. Tekstil ve Konfeksiyon , v. 26, n. 3, p. 270 – 270, 2016.	4
30	ALPTEKIN, E. <i>et al.</i> Numerical investigation of thermal regulation inside firefighter protective clothing. Tekstil ve Muhendis , v. 24, n. 106, p. 94 – 100, 2017.	2
31	KANG, M. <i>et al.</i> Study on the development of SCBA belt for firefighters. Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles , v. 41, n. 3, p. 537 – 547.	0

Número	Referências	Citações
32	FONTANA, P. <i>et al.</i> Exercise intensity dependent relevance of protective textile properties for human thermo-physiology. Textile Research Journal , v. 87, n. 12, p. 1425 – 1434, 2017.	7
33	POLANSKÝ, R. <i>et al.</i> A novel large-area embroidered temperature sensor based on an innovative hybrid resistive thread. Sensors and Actuators, A: Physical , v. 265, p. 111 – 119, 2017.	11
34	SONG, G. <i>et al.</i> An exploration of enhancing thermal protective clothing performance by incorporating aerogel and phase change materials. Fire and Materials , v. 41, n. 8, p. 953 – 963, 2017.	21
35	MANDAL, S.; SONG, G. Characterizing thermal protective fabrics of firefighter’s clothing in hot surface contact. Journal of Industrial Textiles , v. 47, n. 5, p. 622 – 639, 2018.	11
36	KRZEMINSKA, S.; GRESZTA, A. Application of aerogels in textile materials for protection against heat. Przegląd Włokienniczy , v. 72, n. 1, p. 32 – 36, 2018.	3
37	PUSZKARZ, A. K.; KRUCINSKA, I. Simulations of air permeability of multilayers textiles by the computational fluid dynamics. International Journal for Multiscale Computational Engineering , v. 16, n. 6, p. 509 – 526, 2018.	9
38	LU, L. <i>et al.</i> Prediction of skin injury degree based on modified model of heat transfer in three-layered thermal protective clothing. Fangzhi Xuebao/Journal of Textile Research , v. 39, n. 1, p. 111 – 118 and 125, 2018.	8
39	ZHANG, H. <i>et al.</i> The effects of moisture on the thermal protective performance of firefighter protective clothing under medium intensity radiant exposure. Textile Research Journal , v. 88, n. 8, p.847 – 862, 2018.	8
40	SU, Y. <i>et al.</i> The effect of moisture content within multilayer protective clothing on protection from radiation and steam. International Journal of Occupational Safety and Ergonomics , v. 24, n. 2, p. 190 – 199, 2018.	11
41	SH Aid, A. <i>et al.</i> Aerogel nonwoven as reinforcement and batting material for firefighter’s protective clothing: a comparative study. Journal of Sol-Gel Science and Technology , v. 87, n. 1, p. 95 – 104, 2018.	17

Número	Referências	Citações
42	ZHANG, <i>et al.</i> Effect of moisture content on thermal protective performance of fabric assemblies by a stored energy approach under flash exposure. Textile Research Journal , v. 88, n. 16, p. 1847 – 1861, 2018.	10
43	BARKER, R. <i>et al.</i> The influence of designs of protective uniforms on firefighter's performance during moderate physical exercises. Textile Research Journal , v. 88, n. 17, p. 1979 – 1991, 2018.	3
44	MANDAL, S. <i>et al.</i> Studies of the thermal protective performance of fabrics under fire exposure: from small-scale to hexagon tests. Textile Research Journal , v. 88, n. 20, p. 2339 – 2352, 2018.	4
45	MCQUERRY, M. <i>et al.</i> Impact of reinforcements on heat stress in structural firefighter turnout suits. Journal of Textile Institute , v. 109, n. 10, p. 1367, 1373, 2018.	9
46	SONG, G. <i>et al.</i> Development of a numerical model to predict physiological strain on firefighter in fire hazard. Scientific Reports , v. 8, n. 1, p. 3628, 2018.	3
47	MIEDZINSKA, D. <i>et al.</i> Research on influence of TiSi(N) reflective coating thermal resistance on energy absorption of fireproof textile coupled with auxetic fabric. Engineering Transactions , v. 67, n. 2, p. 253 – 270, 2019.	1
48	JIANG, S. <i>et al.</i> Research progress on firefighter's protective clothing: CiteSpace analysis based on Web of Science. Journal of Silk , v. 56, n. 11, p. 36 – 45, 2019.	1
49	SH Aid, A. <i>et al.</i> Low cost bench scale apparatus for measuring the thermal resistance of multilayered textile fabric against radiative and contact heat transfer. HardwareX , v. 5, n. e 00060, 2019.	7
50	MANDAL, S. <i>et al.</i> Modeling for predicting the thermal protective and thermo-physiological comfort performance of fabrics used in firefighter's clothing. Textile Research Journal , v. 89, n. 14, p. 2836 – 2849, 2019.	13
51	MANDAL, S. <i>et al.</i> A categorization tool for fabric system used in firefighter's clothing based on their thermal protective and thermo-physiological comfort performances. Textile Research Journal , v. 89, n. 16, p. 3244 – 3259, 2019.	7

Número	Referências	Citações
52	PEASLEE, G. F. <i>et al.</i> Another Pathway for Firefighter Exposure to Per- A and Polyfluoroalkyl Substances: Firefighter Textiles. Environmental Science and Technology Letters , v. 7, n. 8, 594 – 599, 2020.	22
53	PUSZKARZ, A. K. <i>et al.</i> Analysis of the Thermal Insulation of Textiles Using Thermography and CFD Simulation Based on Micro-CT Models. Autex Research Journal , v. 20, n. 3, p. 344 – 351, 2020.	5
54	CHENG, R. <i>et al.</i> Flame-retardant textile-based triboelectric nanogenerators for fire protection applications. ACS Nano , v. 14, n. 11, p. 15853 – 15863, 2020.	44
55	ZHU, F. L.; LI, Y. Theoretical prediction and experimental characterization of radiative properties and thermal conductivities of fibrous aramid fabrics. Journal of Industrial Textiles , 2021.	1
56	MANDAL, S. <i>et al.</i> Characterization and empirical analysis of hot water immersion with compression protective performance of fabrics used in firefighter's clothing. Textile Research Journal , v. 91, n. 5 – 6, p. 508 – 522, 2021.	0
57	ALHARBI, B. H. <i>et al.</i> Firefighter exposures to organic and inorganic gas emissions in emergency residential and industrial fires. Science of the Total Environment , v. 770, n. 145332, 2021.	6
58	OHALELE, H. U. <i>et al.</i> Comparison of Techniques for Prediction of Mechanical Strength of Firefighter's Protective Clothing Using Near-Infrared Spectral Data. Fire Technology , v. 59, n. 1, p. 591 – 613, 2022.	1
59	SONG, G. <i>et al.</i> Characterizing the Tensile Strength of the Fabrics Used in Firefighters' Bunker Gear under Radiant Heat Exposure. Polymers , v. 14, n. 2, p. 296, 2022.	0
60	STOLPMAN, D. <i>et al.</i> Decontamination of metals from firefighter turnout gear. Journal of Occupational and Environmental Hygiene , v. 19, n. 2, p. 79 – 86, 2022.	0
61	MUENSTERMAN, D. J. <i>et al.</i> Disposition of fluorine on new firefighter turnout gear. Environmental Science and Technology , v. 56, n. 2, p. 974 – 983, 2022.	2
62	WANG, Y. <i>et al.</i> An Ultralight Self-Powered Fire Alarm e-Textile Based on Conductive Aerogel Fiber with Repeatable Temperature Monitoring	4

Número	Referências	Citações
63	Performance Used in Firefighting Clothing. ACS Nano , v. 16, n. 2, p. 2953 – 2967, 2022. HOQUE, M. S. <i>et al.</i> Hydrothermal aging of fire-protective fabrics. Journal of Applied Polymer Science , v. 139, n. e5266, 2022.	0

Fonte: Elaborado pela autora (2022)