



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS (UFG) /
UNIVERSIDADE FEDERAL DE CATALÃO (UFCAT) em implantação
FACULDADE DE ENGENHARIA (FENG)
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

NAYARA FELÍCIO DE OLIVEIRA

**PROPOSTA DE UM *FRAMEWORK* DE MANUTENÇÃO INTEGRADO COM
INDICADORES DE DESEMPENHO DE SUSTENTABILIDADE NO CONTEXTO DA
INDÚSTRIA 4.0**

Catalão – GO

2022



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
UNIDADE ACADÊMICA ESPECIAL DE ENGENHARIA

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO (TECA) PARA DISPONIBILIZAR VERSÕES ELETRÔNICAS DE TESES

E DISSERTAÇÕES NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a [Lei 9.610/98](#), o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

O conteúdo das Teses e Dissertações disponibilizado na BDTD/UFG é de responsabilidade exclusiva do autor. Ao encaminhar o produto final, o autor(a) e o(a) orientador(a) firmam o compromisso de que o trabalho não contém nenhuma violação de quaisquer direitos autorais ou outro direito de terceiros.

1. Identificação do material bibliográfico

Dissertação Tese Outro*: _____

*No caso de mestrado/doutorado profissional, indique o formato do Trabalho de Conclusão de Curso, permitido no documento de área, correspondente ao programa de pós-graduação, orientado pela legislação vigente da CAPES.

Exemplos: Estudo de caso ou Revisão sistemática ou outros formatos.

2. Nome completo do autor

NAYARA FELÍCIO DE OLIVEIRA

3. Título do trabalho

PROPOSTA DE UM FRAMEWORK DE MANUTENÇÃO INTEGRADO COM INDICADORES DE DESEMPENHO DE SUSTENTABILIDADE NO CONTEXTO DA INDÚSTRIA 4.0

4. Informações de acesso ao documento (este campo deve ser preenchido pelo orientador)

Concorda com a liberação total do documento SIM NÃO¹

[1] Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. Após esse período, a possível disponibilização ocorrerá apenas mediante:

- a) consulta ao(à) autor(a) e ao(à) orientador(a);
 - b) novo Termo de Ciência e de Autorização (TECA) assinado e inserido no arquivo da tese ou dissertação.
- O documento não será disponibilizado durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro;
- Publicação da dissertação/tese em livro.

Obs. Este termo deverá ser assinado no SEI pelo orientador e pelo autor.

Documento assinado eletronicamente por Nubia Rosa da Silva Guimarães, Coordenadora de Pós-Graduação, em 15/09/2022, às 15:37, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **NAYARA FELICIO DE OLIVEIRA, Discente**, em 16/09/2022, às 09:52, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **3179726** e o código CRC **967F4E1F**.

NAYARA FELÍCIO DE OLIVEIRA

**PROPOSTA DE UM *FRAMEWORK* DE MANUTENÇÃO INTEGRADO COM
INDICADORES DE DESEMPENHO DE SUSTENTABILIDADE NO CONTEXTO DA
INDÚSTRIA 4.0**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção da Faculdade de Engenharia, da Universidade Federal de Goiás (UFG) / Universidade Federal de Catalão (UFCAT) em implantação, como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção. Área de Concentração: Engenharia de Operações e Processos Industriais. Linha de pesquisa: Engenharia e Desenvolvimento de Produtos e Processos.

Orientadora: Profa. Dra. Stella Jacyszyn Bachega

Catalão - GO

2022

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFCAT.

Oliveira, Nayara Felício de

Proposta de um Framework de Manutenção Integrado com Indicadores de Desempenho de Sustentabilidade no Contexto da Indústria 4.0 / Nayara Felício de Oliveira. - 2022.

188, f.

Orientadora: Profa. Dra. Stella Jacyszyn Bachega.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Catalão, Faculdade de Engenharia, Catalão, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Catalão, 2022.

Bibliografia. Apêndice.

Inclui siglas, abreviaturas, gráfico, tabelas, lista de figuras, lista de tabelas.

1. KPIs de Manutenção. 2. KPIs de Sustentabilidade. 3. Indústria 4.0. 4. CiteSpace®. 5. Methodi Ordinatio. I. Bachega, Stella Jacyszyn , orient. II. Título.

CDU 658.5



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS

UNIDADE ACADÊMICA ESPECIAL DE ENGENHARIA

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Ata nº 33 da sessão de Defesa de Dissertação de **NAYARA FELÍCIO DE OLIVEIRA**, que confere o título de Mestra em Engenharia de Produção, na área de concentração em Engenharia de Operações e Processos Industriais.

"Banca Examinadora de Qualificação/Defesa Pública de Dissertação/Tese realizada em conformidade com a Portaria da CAPES n. 36, de 19 de março de 2020, de acordo com seu segundo artigo: Art. 2º. A suspensão de que trata esta Portaria não afasta a possibilidade de defesas de tese utilizando tecnologias de comunicação à distância, quando admissíveis pelo programa de pós-graduação stricto sensu, nos termos da regulamentação do Ministério da Educação."

Aos trinta dias do mês de agosto de dois mil e vinte e dois, a partir das 14 horas e 30 minutos, na sala virtual (<http://meet.google.com/kzq-xafk-vdk>), realizou-se a sessão pública de Defesa de Tese/Dissertação intitulada "**PROPOSTA DE UM FRAMEWORK DE MANUTENÇÃO INTEGRADO COM INDICADORES DE DESEMPENHO DE SUSTENTABILIDADE NO CONTEXTO DA INDÚSTRIA 4.0**" nas dependências da Universidade Federal de Catalão, onde os programas de pós-graduação stricto sensu em funcionamento encontram-se provisoriamente vinculados à Universidade Federal de Goiás, em virtude de procedimentos técnicos relacionados à CAPES, já sendo realizada a transferência da Biblioteca Digital de Dissertações e Teses (BDTD). Assim, justifica-se os nomes das instituições neste documento, uma no cabeçalho (UFG), outra no corpo do texto (UFCAT). Os trabalhos foram instalados pela Orientadora, **Professora Doutora STELLA JACYSZYN BACHEGA (PPGEP/UFCAT)** com a participação dos demais membros da Banca Examinadora: **Professor Doutor DALTON MATSUO TAVARES (UFCAT)**, membro titular externo e do **Professor Doutor ANDRÉ ALVES DE RESENDE (PPGEP/UFCAT)**, membro titular interno. A Banca Examinadora reuniu-se em sessão secreta a fim de concluir o julgamento da Dissertação, tendo sido a candidata **Aprovada** pelos seus membros. Proclamados os resultados pela Professora Doutora Stella Jacyszyn Bachega, Presidente da Banca Examinadora, foram encerrados os trabalhos às 16 horas e 08 minutos e, para constar, lavrou-se a presente ata que é assinada pelos Membros da Banca Examinadora, aos trinta dias do mês de agosto de dois mil e vinte e dois.

TÍTULO SUGERIDO PELA BANCA



Documento assinado eletronicamente por **Stella Jacyszyn Bachega, Professora do Magistério Superior**, em 30/08/2022, às 16:08, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Andre Alves De Resende, Professor do Magistério Superior**, em 30/08/2022, às 16:08, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

Documento assinado eletronicamente por **Dalton Matsuo Tavares, Professor do Magistério**



Superior, em 30/08/2022, às 16:31, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **3116794** e o código CRC **9D3A0DCA**.

Referência: Processo nº 23070.043993/2022-08

SEI nº 3116794

*À Deus, minha mãe, Maria Helena meu pai, Marcos
e minha avó, Vânia Maria, com carinho.*

AGRADECIMENTOS

À Deus, por sempre me fortalecer, direcionar e iluminar o meu caminho.

Aos meus pais Maria Helena e Marcos, pelo incentivo, companheirismo, zelo, amor, apoio e suporte incondicionais, ao longo de toda minha vida.

À minha avó Vânia Maria, pelo carinho, conselhos e conversas em diversos momentos ao longo dessa trajetória.

Aos meus tios, André, Ana Carla, Carla Sandra e Alberto, pelo apoio e incentivo.

Aos meus primos, Amanda, Felipe e meu afilhado Arthur, por trazerem alegria, carinho, leveza e por renovarem minhas energias em diversos momentos.

A todos os meus amigos, em especial, à Laura, Oliviana, Naiane e Geovana, pelas conversas, companhia e apoio.

À minha orientadora, professora Stella Jacyszyn Bachega, pela orientação, atenção, presença, paciência, amizade, pelos conselhos, incentivos e por toda ajuda que foram fundamentais para tornar este trabalho realidade.

Aos professores Dalton Matsuo Tavares e André Alves de Resende, por toda ajuda e apoio prestados ao longo do desenvolvimento deste trabalho.

Aos professores do Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Catalão (PPGEP/UFCAT), à toda coordenação e secretaria, por todo apoio e auxílio prestados. E a todos que de alguma forma contribuíram para o meu desenvolvimento, o meu muito obrigada.

RESUMO

A atividade da manutenção dentro dos processos organizacionais evoluiu ao longo dos anos, e seus atuais interesses apontam grande relevância nesta perspectiva da melhoria dos processos. Diante disso, esta pesquisa tem como objetivo geral desenvolver um modelo de decisão genérico para a integração de KPIs de sustentabilidade, complementando os indicadores já existentes de manutenção, com o auxílio de aspectos gerenciais e tecnologias afins a Indústria 4.0. Para tanto, a bibliografia sobre estes temas foi analisada, buscando pontos de melhoria, utilizando o software de análise de tendências por meio do critério de citações CiteSpace®, e a metodologia de seleção de publicações do *Methodi Ordination*, para encontrar trabalhos relevantes. Dentre os principais resultados obtidos, foi possível identificar os principais trabalhos que debatem sobre KPIs de Manutenção e KPIs de Sustentabilidade. Depois disso e por meio de análises realizadas, os principais KPIs utilizados foram mapeados e foram conhecidas as principais ferramentas da Indústria 4.0 utilizadas para a aplicação desses indicadores. O *framework* indicou a realização de três etapas fundamentais no processo de manutenção: definição da estratégia de manutenção, desempenho dos processos e análise dos resultados da atividade de manutenção. A etapa da estratégia de manutenção destaca o alinhamento dos ativos sob a ótica organizacional e a atribuição das metas. O desempenho dos processos considera o acompanhamento das atividades de manutenção, utilizando recursos como o controle de ocorrências (MTTR e MTBF) e a gestão da produtividade de máquinas (OEE), utilizando recursos disponibilizados pela Indústria 4.0, como sensores que permitem a integração dos sistemas. Os resultados da manutenção apontam o desempenho dos ativos e os impactos gerados, considerando o custo gerado da atividade de manutenção, o custo do ciclo de vida das instalações e a avaliação do ciclo de vida. Portanto, esta pesquisa permitiu responder à questão de pesquisa apresentada por meio da criação de um modelo de decisão, dividido em três etapas, utilizando como auxiliares as ferramentas da Indústria 4.0 e as diretrizes apresentadas na série da ABNT NBR ISO 55000:2014 sobre gestão de ativos.

Palavras-chave: KPIs de Manutenção, KPIs de Sustentabilidade, Indústria 4.0, CiteSpace® e *Methodi Ordination*.

OLIVEIRA, N. F. **Proposal for an Integrated Maintenance Framework with Sustainability Performance Indicators in the Context of Industry 4.0.** 175 p. Masters Dissertation. Federal University of Catalão, GO. 2022.

ABSTRACT

The maintenance activity within organizational processes has evolved over the years, and its current interests point to great relevance in this perspective of process improvement. Therefore, this research has the general objective of developing a generic decision model for the integration of sustainability KPIs, complementing the existing maintenance indicators, with the help of managerial aspects and technologies related to Industry 4.0. Therefore, the bibliography on these topics was analyzed, looking for points of improvement, using the trend analysis software through the CiteSpace[®] co-citation criterion, and the Methodi Ordination's publication selection methodology, to find relevant works. Among the main results obtained, it was possible to identify the main works that discuss Maintenance KPIs and Sustainability KPIs. After that and through the analyzes carried out, the main KPIs used were mapped and the main tools of Industry 4.0 used for the application of these indicators were known. The model indicated the accomplishment of three fundamental steps in the maintenance process: definition of the maintenance strategy, performance of the processes and analysis of the results of the maintenance activity. The maintenance strategy stage highlights the alignment of assets from an organizational perspective and the assignment of goals. Process performance considers the monitoring of maintenance activities, using resources such as incident control (MTTR and MTBF) and machine productivity management (OEE), using resources provided by Industry 4.0, such as sensors that allow the integration of systems. And the maintenance results point out the performance of the assets and the impacts generated, considering the cost generated from the maintenance activity, the life cycle cost of the facilities and the life cycle assessment. Therefore, this research allowed us to answer the research question presented through the creation of a decision model, divided into three stages, using the tools of Industry 4.0 and the guidelines presented in the ABNT NBR ISO 55000:2014 series on management of active.

Keywords: Maintenance KPIs, Sustainability KPIs, Industry 4.0, CiteSpace[®] and Methodi Ordinatio.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Três pilares do desenvolvimento sustentável	18
Figura 2 - Dados armazenados no gerenciador de referências Mendeley®	24
Figura 3 - Planilha em formato HTML para manipulação e análise dos dados	25
Figura 4 - Dados armazenados no gerenciador de referências Mendeley® para KPIs de Manutenção	27
Figura 5 - Planilha em formato HTML para manipulação e análise dos dados para KPIs de Manutenção	28
Figura 6 - Modelo para a construção do BSC corporativo	30
Figura 7 - Conceito TBL apresentado em círculos concêntricos	32
Figura 8 - Modelo de framework aplicando os princípios do TBL e GRI	34
Figura 9 - Estrutura da avaliação do ciclo de vida (LCA)	35
Figura 10 - Modelo de framework conceitual de desempenho da manutenção	42
Figura 11 - Etapas para realização da pesquisa.....	52
Figura 12 - Desenvolvimento inicial do processo para a construção do framework.....	55
Figura 13 - Identificação de ferramentas nos trabalhos analisados para KPIs de Sustentabilidade	57
Figura 14 - Gráfico das ferramentas expostas nos trabalhos que relacionam os KPIs de Sustentabilidade	57
Figura 15 - Identificação de ferramentas nos trabalhos analisados para KPIs de Manutenção	58
Figura 16 - Gráfico das ferramentas que relacionam aos KPIs de Manutenção expostas nos trabalhos	59
Figura 17 – Framework proposto	64
Figura 18 - Reunião de etapas para a realização das atividades de manutenção ...	69
Figura 19 - Elaboração da estratégia de manutenção	70
Figura 20 - Elaboração do desempenho dos processos de manutenção	73
Figura 21 - Acompanhamento dos resultados da manutenção	75

LISTA DE FIGURAS

Figura A. 1 - Tela remover duplicatas do software CiteSpace®	97
Figura A. 2 - Criação de um novo projeto no software CiteSpace®	98
Figura A. 3 - Tela inicial do software CiteSpace®	99
Figura A. 4 - Tela de visualização após processamento no software CiteSpace® para dados coletados na WoS	100
Figura A. 5 - Seleção do histórico do anel de árvore e explosão de frequência com autores selecionados para KPIs de Sustentabilidade na base WoS	101
Figura A. 6 - Lista de autores que tiveram o maior número de citações na área de Indicadores de Sustentabilidade na base WoS.....	102
Figura A. 7 - Visualização da linha do tempo para KPIs de Sustentabilidade na base WoS.....	103
Figura A. 8 - Explorando os <i>clusters</i> para KPIs de Sustentabilidade na base WoS.....	104
Figura A. 9 - Termos do <i>cluster 0</i> com suas respectivas silhuetas para KPIs de Sustentabilidade na base WoS	104
Figura A. 10 Artigos do <i>cluster 0</i> para KPIs de Sustentabilidade na base WoS	105
Figura A. 11 - Janela de referências citadas do <i>cluster 0</i> para KPIs de Sustentabilidade na base WoS	106
Figura A. 12 - Termos do <i>cluster 1</i> com suas respectivas silhuetas para KPIs de Sustentabilidade na base WoS	107
Figura A. 13 - Artigos do <i>cluster 1</i> para KPIs de Sustentabilidade na base WoS	107
Figura A. 14 - Janela de referências citadas do <i>cluster 1</i> para KPIs de Sustentabilidade na base WoS	108
Figura A. 15 - Termos <i>cluster 2</i> com suas respectivas silhuetas para KPIs de Sustentabilidade na base WoS	109
Figura A. 16 - Artigo do <i>cluster 2</i> para KPIs de Sustentabilidade na base WoS.....	109
Figura A. 17 - Janela de referências citadas para o <i>cluster 2</i> para KPIs de Sustentabilidade na base WoS	110

LISTA DE FIGURAS

Figura B. 1 - Tela de conversão do software CiteSpace®	111
Figura B. 2 - Tela de visualização após processamento dos dados no software CiteSpace® para KPIs de Sustentabilidade na base Scopus	112
Figura B. 3 - Seleção do histórico do anel de árvore e explosão de frequência com autores selecionados para KPIs de Sustentabilidade na base Scopus	113
Figura B. 4 - Lista dos 25 autores que tiveram o maior número de citações na área de Indicadores de Sustentabilidade na base Scopus	114
Figura B. 5 - Visualização da linha do tempo para KPIs de Sustentabilidade na base Scopus	115
Figura B. 6 - Explorando os clusters para KPIs de Sustentabilidade na base Scopus	116
Figura B. 7 - Termos do cluster 0 com suas respectivas silhuetas para KPIs de Sustentabilidade na base Scopus.....	116
Figura B. 8 - Artigos do <i>cluster</i> 0 para KPIs de Sustentabilidade na base Scopus	117
Figura B. 9 - Janela de referências citadas do <i>cluster</i> 0 para KPIs de Sustentabilidade na base Scopus.....	118
Figura B. 10 - Termos do <i>cluster</i> 1 com suas respectivas silhuetas para KPIs de Sustentabilidade na base Scopus.....	119
Figura B. 11 - Artigos do <i>cluster</i> 1 para KPIs de Sustentabilidade na base Scopus	119
Figura B. 12 - Janela de referências citadas do <i>cluster</i> 1 para KPIs de Sustentabilidade na base Scopus.....	120
Figura B. 13 - Termos <i>cluster</i> 2 com suas respectivas silhuetas para KPIs de Sustentabilidade na base Scopus.....	121
Figura B. 14 - Artigo do <i>cluster</i> 2 para KPIs de Sustentabilidade na base Scopus	121
Figura B. 15 - Janela de referências citadas para o <i>cluster</i> 2 para KPIs de Sustentabilidade na base Scopus.....	122

LISTA DE FIGURAS

Figura C. 1 - Tela de visualização após processamento dos dados no software CiteSpace® para KPIs de Sustentabilidade nas bases WoS e Scopus.....	126
Figura C. 2 - Seleção do histórico do anel de árvore e explosão de frequência com autores selecionados para KPIs de Sustentabilidade nas bases WoS e Scopus ..	128
Figura C. 3 - Lista dos 25 autores que tiveram o maior número de citações na área de Indicadores de Sustentabilidade nas bases WoS e Scopus	129
Figura C. 4 - Visualização da linha do tempo para KPIs de Sustentabilidade nas bases WoS e Scopus	131
Figura C. 5 - Explorando os clusters para KPIs de Sustentabilidade nas bases WoS e Scopus	132
Figura C. 6 - Termos do cluster 0 com suas respectivas silhuetas para KPIs de Sustentabilidade nas bases WoS e Scopus.....	133
Figura C. 7 - Artigo do cluster 0 para KPIs de Sustentabilidade nas bases WoS e Scopus	133
Figura C. 8 - Janela de referências citadas do cluster 0 para KPIs de Sustentabilidade nas bases WoS e Scopus.....	134
Figura C. 9 - Termos do cluster 3 com suas respectivas silhuetas para KPIs de Sustentabilidade nas bases WoS e Scopus.....	135
Figura C. 10 - Artigos do cluster 3 para KPIs de Sustentabilidade nas bases WoS e Scopus	136
Figura C. 11 - Janela de referências citadas do cluster 3 para KPIs de Sustentabilidade nas bases WoS e Scopus.....	137
Figura C. 12 - Termos do cluster 4 com suas respectivas silhuetas para KPIs de Sustentabilidade nas bases WoS e Scopus.....	138
Figura C. 13 - Artigo do cluster 4 para KPIs de Sustentabilidade nas bases WoS e Scopus	138
Figura C. 14 - Janela de referências citadas para o cluster 4 para KPIs de Sustentabilidade nas bases WoS e Scopus.....	139

LISTA DE FIGURAS

Figura D. 1 - Tela de visualização após processamento dos dados no software..	141
Figura D. 2 - Seleção do histórico do anel de árvore e explosão de frequência para KPIs de Manutenção na base WoS	142
Figura D. 3 - Lista dos 9 autores que tiveram o maior número de citações na área de Indicadores de Manutenção na base WoS.....	143
Figura D. 4 - Visualização da linha do tempo para KPIs de Manutenção na base WoS.....	144
Figura D. 5 - Explorando os <i>clusters</i> para KPIs de Manutenção na base WoS	145
Figura D. 6 - Termos do <i>cluster 0</i> com suas respectivas silhuetas para KPIs de Manutenção na base WoS	145
Figura D. 7 - Artigo do <i>cluster 0</i> para KPIs de Manutenção na base WoS	145
Figura D. 8 - Janela de referências citadas do <i>cluster 0</i> para KPIs de Manutenção na base WoS	146
Figura D. 9 - Termos do <i>cluster 1</i> com suas respectivas silhuetas para KPIs de Manutenção na base WoS	147
Figura D. 10 - Artigo do <i>cluster 1</i> para KPIs de Manutenção nas base WoS	147
Figura D. 11 - Janela de referências citadas para o <i>cluster 1</i> para KPIs de Manutenção na base WoS	148
Figura D. 12 - Termos do <i>cluster 2</i> com suas respectivas silhuetas para KPIs de Manutenção na base WoS	149
Figura D. 13 - Artigos do <i>cluster 2</i> para KPIs de Manutenção nas bases WoS.....	149
Figura D. 14 - Janela de referências citadas para o <i>cluster 2</i> para KPIs de Manutenção na base WoS	150

LISTA DE FIGURAS

Figura E. 1 - Tela de visualização após processamento dos dados no software ...	152
Figura E. 2 - Seleção do histórico do anel de árvore e explosão de frequência com autores selecionados para KPIs de Manutenção na base Scopus	153
Figura E. 3 - Lista dos 25 autores que tiveram o maior número de citações na área de de KPIs de Manutenção na base Scopus	154
Figura E. 4 - Visualização da linha do tempo para KPIs de Manutenção na base Scopus	155
Figura E. 5 - Explorando os <i>clusters</i> para KPIs de Manutenção na base Scopus .	156
Figura E. 6 - Termos do <i>cluster</i> 0 com suas respectivas silhuetas para KPIs de Manutenção na base Scopus.....	156
Figura E. 7 - Artigos do <i>cluster</i> 0 para KPIs de Manutenção na base Scopus	157
Figura E. 8 - Janela de referências citadas para KPIs de Manutenção na base Scopus	158
Figura E. 9 - Termos do <i>cluster</i> 1 com suas respectivas silhuetas para KPIs de Manutenção na base Scopus.....	159
Figura E. 10 - Artigos do <i>cluster</i> 1 para KPIs de Manutenção na base Scopus	159
Figura E. 11 - Janela de referências citadas para o clustes 1 para KPIs de Manutenção na base Scopus.....	160
Figura E. 12 - Termos do <i>cluster</i> 2 com suas respectivas silhuetas para KPIs de Manutenção na base Scopus.....	161
Figura E. 13 - Artigos do <i>cluster</i> 2 para KPIs de Manutenção nas bases Scopus .	161
Figura E. 14 - Janela de referências citadas para o <i>cluster</i> 2 para KPIs de Manutenção na base Scopus.....	162

LISTA DE FIGURAS

Figura F. 1 - Tela de visualização após processamento dos dados no software ...	164
Figura F. 2 - Seleção do histórico do anel de árvore e explosão de frequência com autores selecionados para KPIs de Manutenção nas bases WoS e Scopus	165
Figura F. 3 - Lista dos 25 autores que tiveram o maior número de citações na área de Indicadores de KPIs de Manutenção nas bases WoS e Scopus	166
Figura F. 4 - Visualização da linha do tempo para KPIs de Manutenção nas bases WoS e Scopus	168
Figura F. 5 - Explorando os clusters para KPIs de Manutenção nas bases WoS e Scopus	169
Figura F. 6 - Termos do cluster 0 com suas respectivas silhuetas para KPIs de Manutenção nas bases WoS e Scopus.....	169
Figura F. 7 - Artigos cluster 0 para KPIs de Manutenção nas bases WoS e Scopus	170
Figura F. 8 - Janela de referências citadas do cluster 0 para KPIs de Manutenção nas bases WoS e Scopus	171
Figura F. 9 - Termos do cluster 1 com suas respectivas silhuetas para KPIs de Manutenção nas bases WoS e Scopus.....	172
Figura F. 10 - Artigo do cluster 1 para KPIs de Manutenção nas bases WoS e Scopus	172
Figura F. 11 - Janela de referências citadas para o cluster 1 para KPIs de Manutenção nas bases WoS e Scopus.....	173
Figura F. 12 - Termos do cluster 2 com suas respectivas silhuetas para KPIs de Manutenção nas bases WoS e Scopus.....	174
Figura F. 13 - Artigo do cluster 2 para KPIs de Manutenção nas bases WoS e Scopus	174
Figura F. 14 - Janela de referências citadas do cluster 2 para KPIs de Manutenção nas bases WoS e Scopus	175

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Lista dos 10 principais trabalhos para KPIs de Sustentabilidade segundo o InOrditanio (Continua)	26
Tabela 2 - Lista dos 10 principais trabalhos para KPIs de Manutenção segundo o InOrdinatio (continua)	28
Tabela 2 - Lista dos 10 principais trabalhos para KPIs de Manutenção segundo o InOrdinatio (continuação)	29

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Indicadores essenciais identificados pela GRI.....	32
Quadro 2 - KPIs para a avaliação de fabricação sustentável.....	33
Quadro 3 - Indicadores Desempenho de Manutenção (MPI)	41
Quadro 4 - Reunião dos conceitos encontrados para KPIs de Sustentabilidade	59
Quadro 5 - Reunião dos conceitos encontrados para KPIs de Manutenção	60
Quadro 6 - Comparativo entre trabalhos que utilizam KPIs de Sustentabilidade	77
Quadro 7- Comparativo entra trabalhos que utilizam KPIs de Manutenção	78
Quadro 8 - Comparativo entre trabalhos e a dissertação	79

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BSC – *Balanced Scorecard*;

Ci – Número de citações;

CPS – *Cyber Physical Systems* (Sistemas Físicos Cibernéticos);

ESI – *Environmental Sustainability Index* (Índice de sustentabilidade ambiental);

Fi – Fator de impacto;

GCS - *Global Citation Score* (Pontuação de Citação Global)

GRI - *Global Reporting Initiative*;

HDI – *Human Development Index* (Índice de desenvolvimento humano);

IoT - *Internet of Things* (Internet das Coisas);

JCR - *Journal Citation Reportes*;

KPIs - *Key Performance Indicators* (Indicadores Chave de Desempenho);

LCA – *Life Cycle Assessment* (Avaliação do ciclo de vida);

LCC – *Life Cycle Cost* (Custo do Ciclo de Vida);

LCS - *Local Citation Score* (Pontuação de Citação Local);

MPI – *Maintenance performance indicators* (Indicadores de desempenho de manutenção);

MPM – *Maintenance Performance Measurement* (Medição de desempenho de manutenção);

MTBF – *Mean Time Between Failures* (Tempo médio entre falhas)

MTTR – *Mean Time To Repair* (Tempo médio de reparo);

OEE – *Overall Equipment Effectiveness* (Eficácia Geral do Equipamento);

PdM – *Predictive Maintenance* (Manutenção preditiva);

PM - *Preventive Maintenance* (Manutenção Preventiva);

Q – *Modularity* (Modularidade);

RCM – *Reliability Centered Maintenance* (Manutenção Centrada na Confiabilidade);

RTM – *Run-time monitoring* (Monitoramento em tempo real);

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

S – *Mean silhouette* (Silhueta significativa);

TBL - *Triple Bottom Line*;

TICs - Tecnologias de Informação e Comunicação;

TPM – *Total Productive Maintenance* (Manutenção Produtiva Total);

WoS – Web Of Science.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	13
INTRODUÇÃO	13
CAPÍTULO 2	17
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1 Considerações Iniciais.....	17
2.2 Conceitos de Sustentabilidade	18
2.3 Conceitos de Manutenção	19
2.4 Conceito de KPI's (<i>Key Performance Indicators</i> - Indicadores Chave de Desempenho)	19
2.5 KPI's de Sustentabilidade.....	20
2.6 <i>KPI's</i> de Manutenção	22
2.7 <i>Methodi Ordinatio</i>	23
2.7.1. KPIs de Sustentabilidade – WoS e Scopus – <i>Methodi Ordinatio</i>	24
2.7.2. KPIs de Manutenção – WoS e Scopus – <i>Methodi Ordinatio</i>	26
2.8 Identificar, nomear e integrar conceitos das ferramentas encontradas	29
2.8.1 Ferramentas afins aos KPIs de Sustentabilidade	29
2.8.2. Ferramentas afins aos KPIs de Manutenção	36
2.9 Considerações Finais	42
CAPÍTULO 3	44
METODOLOGIA DE PESQUISA	44
3.1 Considerações Iniciais.....	44
3.2 Explicação Científica	44
3.3 Abordagem de pesquisa.....	46
3.4 Procedimento de pesquisa	47
3.5 Considerações Finais	52

CAPÍTULO 4	54
CONSTRUÇÃO DO <i>FRAMEWORK</i>	54
4.1. Considerações Iniciais.....	54
4.2. Passos iniciais para a construção do <i>Framework</i> – Leitura extensiva e categorização dos dados selecionados.....	54
4.3. Reunião dos conceitos encontrados para KPIs de Sustentabilidade e Manutenção	59
4.4. Tecnologias afins a Indústria 4.0	61
4.5. Fazer uma síntese e verificar o sentido dos resultados	63
Fonte: dados da pesquisa	64
4.6. Considerações Finais	65
CAPÍTULO 5	67
DISCUSSÕES DO <i>FRAMEWORK</i>	67
5.1. Considerações Iniciais.....	67
5.2. Principais elementos para a construção do <i>framework</i>	67
5.3. Elaboração e definição da estratégia de manutenção	70
5.4. Desempenho dos equipamentos e processos de manutenção	72
5.5. Acompanhamento dos resultados	74
5.6. Comparação da dissertação com trabalhos que analisaram KPIs de Sustentabilidade e KPIs de Manutenção.....	76
5.7. Considerações Finais	80
CAPÍTULO 6	82
CONSIDERAÇÕES FINAIS	82
REFERÊNCIAS	85
APÊNDICE A – KPIS DE SUSTENTABILIDADE NA BASE WoS	97
APÊNDICE B – KPIS DE SUSTENTABILIDADE NA BASE SCOPUS	111
APÊNDICE C – REUNIÃO DE DADOS COLETADOS PARA KPIS DE SUSTENTABILIDADE NAS BASE WoS E SCOPUS	124
APÊNDICE D – KPIS DE MANUTENÇÃO NA BASE WoS	140

APÊNDICE E – KPIS DE MANUTENÇÃO NA BASE SCOPUS	151
APÊNDICE F – REUNIÃO DE DADOS COLETADOS PARA KPIS DE MANUTENÇÃO NAS BASE WoS E SCOPUS	163

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

A utilização efetiva dos recursos em processos produtivos foi ganhando importância no decorrer dos anos, sendo motivado principalmente por regulamentações que se preocupam com o bem estar social, ambiental e econômico. Nesse contexto, a Indústria 4.0 associada ao gerenciamento da manutenção, pode ser considerada como uma forte aliada para as organizações, podendo trazer resultados positivos como ganho na produtividade, eficiência dos processos e redução de desperdícios, com a implementação de tecnologias inteligentes (TORTORELLA; FETTERMANN, 2018).

A adesão de novas ferramentas industriais conduz a uma nova perspectiva de como realizar o processo produtivo, considerando que o aumento da economia da empresa não deve estar associado à redução dos recursos naturais e sociais (GHOBAKHLOO, 2020). Sobre esses aspectos a manutenção é vista como uma atividade essencial, que contribui com o funcionamento fabril, proporcionando maior eficiência, ambiente organizacional mais seguro, permitindo sistemas mais sustentáveis (BEHZAD et al., 2019)

A atividade de manutenção passou de uma função interessada apenas em equipamentos para uma atividade que, segundo Afrinaldi et al. (2017), deve contribuir para a minimização do impacto ambiental, redução dos custos do ciclo de vida e melhoria do bem-estar socioeconômico. Além disso, Pinjala, Pintelon e Vereecke (2006) afirmam que a manutenção, como parte das fontes produtivas de uma empresa, exerce grande influência sobre as vantagens competitivas, uma vez que possui posicionamento de mercado.

O interesse por questões envolvendo a manutenção e suas mudanças ao longo do tempo adquiriu mais força com a chegada do conceito da Indústria 4.0 em 2011, promovido por industriários e cientistas alemães visando à implementação de novas tecnologias associadas à Internet (BEIER et al., 2020). Com isso, a Indústria 4.0 pode ser considerada como grande responsável pelo surgimento de tecnologias com a finalidade de facilitar e inovar o meio organizacional, além de, auxiliarem no gerenciamento do processo produtivo geral, com destaque para a criação e execução de novas técnicas e metodologias (BILGE et al., 2017).

A adoção das ferramentas e métodos propostos pela Indústria 4.0, quando bem aplicados trazem benefícios importantes para as organizações, como ressalta Beier et al. (2020). Podendo oferecer uma grande chance de alinhar os objetivos de um desenvolvimento sustentável com a transformação digital em andamento no desenvolvimento industrial, que por sua vez também tem o potencial de se transformar em uma ameaça, se as metas de sustentabilidade não forem levadas em consideração durante a implementação do setor 4.0.

Para avaliar se a aplicação de ferramentas e métodos estão sendo eficazes no processo de gerenciamento da manutenção, as organizações recorrem aos chamados indicadores de desempenho ou KPIs (*Key Performance Indicators* - Indicadores Chave de Desempenho). No entanto, de acordo com Franciosi et al. (2018), a manutenção ainda está focada nos KPIs convencionais, como produtividade, confiabilidade, disponibilidade, mas não nos indicadores de desempenho de sustentabilidade.

A integração de indicadores de sustentabilidade dentro dos indicadores já existentes é necessária e Franciosi et al. (2018) afirma que a manutenção sustentável é um novo desafio para as empresas implementarem a abordagem do desenvolvimento sustentável. Isso muda, portanto, a perspectiva de um paradigma de manutenção antiga para um novo, interessado em aspectos técnicos, além de, considerar os impactos que o processo traz ao meio em que está inserido.

Na literatura é possível encontrar muitos trabalhos associados a questões que envolvem a sustentabilidade na manutenção com aspectos da Indústria 4.0, como pode ser notado nos trabalhos de Afrinaldi et al. (2017), Amrina e Aridharma (2016), Beier et al. (2020), Franciosi et al. (2018) e Yadav et al. (2020).

Nesta pesquisa busca-se responder a seguinte questão: é possível criar um modelo de decisão genérico para a integração de KPIs de sustentabilidade

juntamente com os indicadores de manutenção já existentes, considerando a tendência da Indústria 4.0? Sobre essa pergunta, levanta-se a hipótese de que é possível a criação de um modelo de decisão genérico a partir da adoção e elaboração de novas políticas de sustentabilidade com o papel de incentivar, informar e apoiar, tendo como base a importância que as questões ambientais trazem para o processo em geral e para a sociedade, fornecendo sistemas que atendam a esses princípios, permitindo a integração de KPIs sustentáveis. Tal hipótese se baseia no trabalho de Franciosi et al. (2018). Outro ponto importante levantado pelo mesmo autor é que os conhecimentos desses aspectos sustentáveis podem aumentar a conscientização dos industriais sobre os impactos das atividades de manutenção na sustentabilidade industrial e o papel que o processo de manutenção pode desempenhar para mitigar os impactos industriais na sociedade e no meio ambiente. Nesse sentido, ferramentas afins a Indústria 4.0 possuem funções importantes, podendo auxiliar no alcance das metas propostas de produtividade, sustentabilidade, um melhor gerenciamento da manutenção, garantindo o bem estar social, além de, possibilitar a permanência no mercado (YADAV et al., 2020).

Portanto, encontrar uma solução para problemas de gerenciamento que relacionam a manutenção, sustentabilidade e tecnologias da Indústria 4.0 poderá trazer benefícios em ambientes organizacionais, como maior segurança para colaboradores e gestores, garantia da disponibilidade de recursos e do uso eficiente dos mesmos, a certeza de que o resultado será o esperado, além do bem estar socioambiental. Os autores Franciosi et al. (2018), Tortorella e Fettermann (2018) e Afrinaldi et al. (2017) reforçam esse argumento em suas pesquisas.

Diante do exposto, esta pesquisa tem como objetivo desenvolver um modelo de decisão genérico para a integração de KPIs de sustentabilidade, complementando os indicadores já existentes de manutenção, com o auxílio de aspectos gerenciais e tecnologias afins a Indústria 4.0. Para alcançar o objetivo geral, têm-se os seguintes objetivos específicos:

- i) identificar os indicadores de desempenho já existentes e possíveis pontos de melhorias;
- ii) criar um modelo de decisão para integração de KPIs de sustentabilidade utilizando recursos disponibilizados pela Indústria 4.0;
- iii) realizar comparativos e demonstrativos das vantagens do novo indicador para o gerenciamento e tomada de decisão.

A presente pesquisa justifica-se pela importância do tema. O avanço tecnológico em sistemas produtivos acompanhado por tecnologias complexas oferece aos responsáveis pela tomada de decisão uma função que os desafia e por conta disso, muitas metodologias têm sido procuradas para auxiliarem no gerenciamento da manutenção (BOUSDEKIS et al., 2019). Com isso, Ait-Alla et al. (2016) ressaltam que o desenvolvimento de processos inovadores de manutenção aumenta a produtividade e a utilização do sistema, evita rachaduras no sistema, prolonga o ciclo de vida dos produtos e sustenta a segurança dos trabalhadores.

Ainda, Franciosi et al. (2018) destacam um interesse crescente de pesquisa pela manutenção sustentável. A constante procura por temas que envolvem a melhoria/otimização de processos com a aplicação de novas tecnologias vinculadas com questões ambientais e os impactos que o processo trará para o meio social, evidencia a sua importância.

Nesse cenário, Ghobakhloo (2020) afirma que os impactos de sustentabilidade da Indústria 4.0 e a maneira como ela pode contribuir para o desenvolvimento econômico, ambiental e social sustentável estão ganhando cada vez mais atenção. Franciosi et al. (2018) ressaltam, também, que os impactos ambientais relacionados à manutenção não são de menor importância. Necessita, portanto, da integração das informações desses impactos nos sistemas de gerenciamento da manutenção com a inclusão de indicadores sustentáveis.

A presente dissertação está organizada em capítulos. O primeiro capítulo apresenta o problema sendo estudado, relacionado ao gerenciamento da manutenção utilizando recursos disponibilizados pela Indústria 4.0 com o objetivo de gerar processos mais sustentáveis. Sendo abordado também neste capítulo os objetivos e as justificativas para a realização da pesquisa. No segundo capítulo é apresentada a revisão bibliográfica. No terceiro capítulo é apresentada a metodologia. No quarto capítulo é iniciada a construção do *framework*. No quinto capítulo os resultados esperados são apresentados. Sendo finalizado com o sexto capítulo referente a conclusão da dissertação.

CAPÍTULO 2

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Considerações Iniciais

O objetivo principal do presente capítulo é apresentar conceitos acerca da sustentabilidade, manutenção e aos seus respectivos KPIs, para posterior coleta de dados e análise no software CiteSpace® e pelo *Methodi Ordinatio*, para a obtenção das principais áreas de pesquisa. Essas informações têm como principal objetivo guiar a pesquisa para encontrar de referências que auxiliarão no desenvolvimento da questão de pesquisa, direcionando temas relevantes, trabalhos e autores conceituados, objetivando gerar uma pesquisa atual com contribuições científicas.

Assim, os objetivos específicos deste capítulo foram: i) apresentar a importância e os conceitos de sustentabilidade e da manutenção, além da definição individual dos seus KPIs; ii) coletar dados nas bases Web of Science (WoS) e Scopus e identificar os trabalhos mais significativos em torno da sustentabilidade e manutenção utilizando o software CiteSpace® e o *Methodi Ordinatio*.

Para uma melhor compreensão das análises, o capítulo é dividido da seguinte forma: 2.2 aponta os conceitos em torno da sustentabilidade; 2.3 conceitos sobre a manutenção; 2.4 apresenta conceitos acerca dos KPIs; 2.5 direciona aos KPIs de sustentabilidade; 2.6 apresenta os KPIs de manutenção; 2.7 discussão sobre as principais áreas e autores para KPIs de manutenção – dados retirados das bases WoS e Scopus, utilizando o *Methodi Ordinatio*; 2.8 realizar a identificar, nomear e integrar conceitos das ferramentas encontradas para KPIs de Sustentabilidade e Manutenção e 2.9, considerações finais.

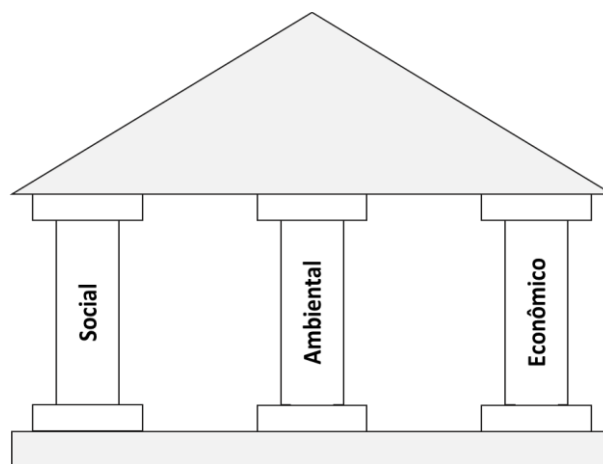
2.2 Conceitos de Sustentabilidade

A utilização do termo desenvolvimento sustentável alcançou grande destaque no relatório de Brundtland publicado pela Comissão Mundial, dando ênfase a assuntos sobre o meio ambiente e o seu desenvolvimento (BEHRENDTS; LINDHOLM; WOXENIUS, 2008). O conceito discutido ao longo do relatório, expressa que o desenvolvimento sustentável é responsável por atender as urgências atuais, sem que seja comprometido as necessidades futuras (BRUNDTLAND, 1987).

Ragheb, El-Shimy e Ragheb (2016) afirmam que a sustentabilidade é de vital importância para todos, porque trata da sobrevivência da espécie humana e de quase todas as criaturas vivas do planeta. A sustentabilidade é a garantia do atendimento das necessidades atuais, assegurando o atendimento das necessidades das futuras gerações (ADAMS, 2006).

Behrends (2008) destaca pontos importantes apresentados na definição de Brundtland (1987) como: o crescimento econômico, a igualdade social e a proteção ambiental. Esses três pontos caracterizam, segundo Mensah (2019), os três pilares do desenvolvimento sustentável. Conforme demonstrado pela Figura 1.

Figura 1 - Três pilares do desenvolvimento sustentável



Fonte: Adaptado de Cioruta, Coman e Lauran (2018)

O conceito de desenvolvimento sustentável ressalta que a dissociação dos aspectos sociais e ambientais, para um foco econômico, não impacta apenas o pilar ambiental, direcionado a conservação e preservação do meio ambiente e da vida humana. Mas também impacta os pilares sociais e econômicos, que se associam as mudanças

climáticas, e as suas consequências se propagam na redução das atividades produtivas (NATE et al., 2021).

A sustentabilidade referencia a um comportamento ideal, no qual indivíduos agem evitando consequências degradantes nos âmbitos ambiental, social e econômico, contribuindo com o convívio harmonioso entre os âmbitos e conduzindo a uma vida próspera (BAÑON GOMIS et al., 2011).

2.3 Conceitos de Manutenção

A atividade de manutenção apresentou ao longo da história, muitos conceitos errôneos sobre a sua função, envolvendo muitos termos negativos como: um mal necessário, que não agregava valor aos processos e que tinha como foco principal o conserto de equipamentos (MOBLEY, 2014). Esse conceito está evoluindo e hoje, segundo Mobley (2014), a manutenção é considerada como um investimento no futuro.

É considerada nos dias atuais como uma atividade empresarial indispensável que auxilia no gerenciamento de ativos (DE JONGE; SCARF, 2020). Mobley (2014) ressalta que a manutenção é uma filosofia que, se cuidadosamente ajustada a operação e a organização, fornece garantia de que os ativos de capital críticos fornecerão um desempenho confiável a longo prazo.

Esse melhor gerenciamento contribui na tomada de decisão dos gestores, que buscam, devido à grande competitividade no mercado, por sistemas mais eficientes e confiáveis, recorrendo ao uso da manutenção preventiva, o alcance de melhores índices e o controle de paradas não planejadas da produção (DE JONGE; SCARF, 2020).

A atividade de manutenção não é restrita ao funcionamento dos equipamentos e máquinas. Ela também influencia no índice de produtividade do processo produtivo e no retorno lucrativo desses processos, sendo considerada uma peça chave para o êxito das empresas (FUSKO et al., 2018).

2.4 Conceito de KPI's (*Key Performance Indicators* - Indicadores Chave de Desempenho)

Os indicadores chave de desempenho (*Key Performance Indicators*), também conhecidos por KPIs, são definidos por Arora e Amishi (2015) como uma ferramenta importante para o sistema de controle de gestão que obtém *feedback* valioso para o

planejamento e controle. Além disso, os KPIs disponibilizam informações consistentes sobre a evolução da organização, podendo verificar se o caminho e a velocidade estão de acordo com o objetivo organizacional (PARMENTER, 2015).

Como uma ferramenta de direcionamento, os KPIs possuem contribuições significantes no que diz respeito a tomada de decisão. Fornecem uma ampla visão do estado atual da organização, alertam se os pontos críticos estão sendo bem administrados e disponibilizam ações e soluções para que o desempenho seja melhorado (PARMENTER, 2015).

Essa melhoria no desempenho a partir das informações disponibilizadas pelos KPIs, pode acontecer segundo Lindberg et al. (2015), em diferentes áreas como energia, matéria-prima, controle de operação, manutenção, planejamento e programação, qualidade do produto, estoque, segurança etc. Com isso, tem-se que os KPIs são índices que destacam os resultados críticos obtidos pelos processos e por meio desses resultados buscam melhorias, garantindo o presente e o futuro organizacional (PARMENTER, 2015).

Os indicadores, segundo Moldan e Dahl (2007) são representações simbólicas (por exemplo: números, símbolos, gráficos, cores) projetadas para comunicar uma propriedade ou uma tendência em um sistema ou uma entidade complexa. Comumente, são medidos por meio de sistemas estatísticos e podem ser representados em três dimensões, conhecidas como: econômica, social e ambiental (MOLDAN; DAHL, 2007).

2.5 KPI's de Sustentabilidade

Os indicadores de sustentabilidade tem como principal objetivo, fornecer uma arquitetura orientada a informações abrangentes e altamente escalável, que seja relevante para a política e compreensível para os membros da sociedade, auxiliando na tomada de decisões (MOLDAN; DAHL, 2007).

Os indicadores de sustentabilidade, além de apresentarem grande relevância na tomada de decisão em organizações, também estão associados a conscientização a partir de aspectos do desenvolvimento sustentável, apresentando os resultados que mudanças de atitudes e comportamentos podem provocar no futuro (OECD, 2000). A OECD (2000) afirma que os indicadores são vistos como ferramentas essenciais para comunicar questões de desenvolvimento sustentável aos formuladores de políticas e

a sociedade civil, e para promover o diálogo institucional.

Diante disso, o conceito de desenvolvimento sustentável, segundo Pawlowski (2008), surgiu em contraste com o desenvolvimento tradicional alicerçado em um programa de crescimento econômico. Este contraste foi bastante discutido, fundamentando a importância da preservação ambiental para garantir o seu futuro, estabelecendo a criação de mais um pilar, que viria a ser conhecido como ambiental, trazendo os conceitos de indicadores sustentáveis, juntamente com os pilares já existentes: econômicos e sociais (WCED, 1987).

Moldan e Dahl (2007) explicam que o desenvolvimento sustentável é o desenvolvimento de um sistema humano, social e econômico capaz de se manter indefinidamente em harmonia com os sistemas biofísicos do planeta. Para Bansal (2002), os princípios ambientais, de equidade social e econômicos do desenvolvimento sustentável estão inextricavelmente conectados e internamente interdependentes. Seu objetivo principal é assegurar o bem estar social das gerações do presente e do futuro (CIEGIS; RAMANAUSKIENE; MARTINKUS, 2009).

Considerando os pilares para o desenvolvimento sustentável, no trabalho de Amrina e Vilsa (2015), KPIs foram construídos adotando o triplo resultado de sustentabilidade, que consiste em fatores de desempenho econômico, ambiental e social. Dentro do campo ambiental, Amrina e Vilsa (2015) levantaram indicadores como: emissão atmosférica, consumo de energia, consumo de combustível, consumo de material, poluição sonora, saída não produtiva, utilização da água e da terra.

Joung et al. (2013) destacam que combinar indicadores das dimensões ambientais, econômicas e sociais mais comuns e avaliar esses indicadores juntos é uma prática para medir a sustentabilidade em uma escala muito maior do que os indicadores individuais. Ainda afirmam que, os resultados da medição, ajudam as empresas a criar áreas de foco para melhorias em relação a sustentabilidade.

Para o encontro das principais áreas e autores para KPIs de Sustentabilidade, dados foram retirados das bases WoS e Scopus e analisados por meio do software de análise de tendências CiteSpace[®]. Essas análises foram realizadas detalhadamente e disponibilizadas o Apêndice C.

Com isso, foi possível encontrar referências para KPIs de Sustentabilidade nas bases WoS e Scopus, considerando a análise de citações, sendo as seguintes: Amrina, Ramadhani e Vilsa (2016); Asif e Searcy (2013); Azapagic (2004); De Villiers, Rouse e Kerr (2016); Joung et al. (2013); Ness et al. (2007); Searcy, Karapetrovic e

Mccartney (2005); Seuring (2013) e Singh et al. (2009).

2.6 KPI's de Manutenção

A manutenção é considerada como uma atividade de grande relevância do ponto de vista estratégico organizacional. Essa relevância tem ganhado maior evidência, pois segundo Simões, Gomes e Yasin (2011), a necessidade de gerenciar as diferentes facetas da manutenção de forma mais eficaz ganhou importância adicional devido as mudanças nas tecnologias operacionais e mudança do papel organizacional da manutenção.

O trabalho de Simões, Gomes e Yasin (2011) ressalta que, em organizações o escopo da manutenção mudou de uma perspectiva operacional estritamente definida, para uma perspectiva estratégica organizacional. Essa mudança leva em consideração aspectos como a evolução das tecnologias (SWANSON, 1997) e o surgimento de regulamentações ambientais (COOKE, 2003).

Diante disso, a manutenção é vista como uma atividade que visa assegurar o desempenho organizacional, proporcionando maior segurança e confiabilidade em equipamentos e processos (GONÇALVES; DIAS; MACHADO, 2015). Ahrén e Parida (2009), ressaltam que sem um sistema formal de medição de desempenho, é difícil planejar, controlar e melhorar o processo de manutenção.

Por esse motivo, gestores têm grande interesse em informações que demonstram o desempenho da manutenção, podendo ser adquiridas por meio da implementação de indicadores, cuja função é medir e avaliar o seu desempenho, contribuindo na tomada de decisão (GONÇALVES; DIAS; MACHADO, 2015). Para Ahrén e Parida (2009), um indicador é o produto de várias métricas (medidas), usado para medir o desempenho da manutenção em uma área ou atividade e, neste contexto, é denominado indicador de desempenho da manutenção.

De acordo com Gonçalves, Dias e Machado (2015), a manutenção pode servir como um sistema de gestão de indicadores adequados para medir seu próprio desempenho, ou seja, para medir os resultados esperados e reais de suas atividades. A medição de desempenho para Weber e Thomas (2005), é importante porque identifica as lacunas entre o desempenho atual e o desejado e fornece uma indicação do progresso no sentido de fechar as lacunas.

Segundo Warren (2011), um KPI é uma medida que avalia como uma empresa

executa sua visão estratégica, ou seja, é um dado que auxilia nas decisões e buscas pelo melhor desempenho operacional. Dentro deste contexto, os indicadores de desempenho de manutenção fornecem direcionamentos como: quais ferramentas e máquinas deverão ser enviadas para a assistência técnica, quais colaboradores poderão auxiliar na solução de problemas, o que ocasionou a falha no processo, como está o funcionamento das máquinas e o desempenho da instalação, dentre outros (BRUNDAGE et al., 2018).

Esses direcionamentos aplicados na atividade de manutenção, quando bem executados, contribuem com a eficiência da instalação em geral, aumentando a utilidade das máquinas, colaborando com a sua durabilidade por meio de manutenções e uso adequado, além de tornar os equipamentos mais disponíveis e flexíveis (BRUNDAGE et al., 2018) .

O software de análise de tendências CiteSpace® foi utilizado para o encontro das principais áreas e autores que abordam KPIs de Manutenção. A análise realizada por meio do software, foi realizada detalhadamente e disponibilizada no Apêndice F.

Com isso, foi possível encontrar referências para KPIs de Manutenção nas bases WoS e Scopus, considerando a análise de citações, sendo as seguintes: Alsyouf (2009); Atkinson, Waterhouse e Wells (1997); Campbell, Reyes-Picknell e Kim (2015); Cross (1988); Kaplan e Norton (2005); Kumar et al. (2013); Kutucuoglu et al.(2001); Neely, Gregory e Platts (2005); Parida e Kumar (2006) e Weber e Thomas (2005).

2.7 Methodi Ordinatio

Depois de identificadas a principais referências utilizando o software CiteSpace® para KPIs de Sustentabilidade e de Manutenção, o *Methodi Ordinatio* foi iniciado, com o intuito de continuar o rastreamento das referências de interesse.

O segundo passo do *Methodi Ordinatio*, segundo Pagani, Kovaleski e Resende (2015), após o estabelecimento da intenção de pesquisa, é realizar uma pesquisa nas bases de dados, identificando as combinações das palavras-chave que retornam trabalhos mais direcionados ao tema de interesse.

Este passo já foi realizado ao longo dos Apêndices C e F, para os dados processados no CiteSpace®, tanto para KPIs de Sustentabilidade, quanto para KPIs de Manutenção. Portanto, as mesmas informações foram utilizadas ao longo da

realização do *Methodi Ordinatio*.

2.7.1. KPIs de Sustentabilidade – WoS e Scopus – *Methodi Ordinatio*

O primeiro conjunto de dados analisado relaciona-se aos KPIs de Sustentabilidade, coletados nas bases WoS e Scopus, dando um total de 203 trabalhos. Esses dados foram alocados no gerenciador de referências Mendeley®, eliminando as duplicatas existentes e chegando a um total de 132 documentos (vide Figura 2).

Figura 2 - Dados armazenados no gerenciador de referências Mendeley®

Authors	Title	Year	Published In	Added
Al-Qadi, I I; Yang, R; Kang, S; Ozer, H; Ferrebee, E; Roesler, J R; Salinas, A; Mejer, ...	Scenarios developed for improved sustainability of Illinois tollway: Life-cycle assessment approach	2015	Transportation Research Record	nov 1
Anastasopoulou, A; Keizer, R; Butala, S; Lang, J; Van Rooij, G; Hessel, V	Eco-efficiency analysis of plasma-assisted nitrogen fixation	2020	Journal of Physics D: Applied Physics	nov 1
Aramyan, I; Hoste, R; Van Den Broek, W; Groot, J; Soethoudt, H; Nguyen, T L; Herman...	Towards sustainable food production: A scenario study of the European pork sector	2011	Journal on Chain and Network Science	nov 1
Arianpoor, A; Salehi, M	A framework for business sustainability performance using meta-synthesis	2021	Management of Environmental Quality: An ...	nov 1
Avadi, A; Freon, P	A set of sustainability performance indicators for seafood: Direct human consumption products from Peruvian anchoveta fisheries and freshwater aquaculture	2015	ECOLOGICAL INDICATORS	out 8
Avadi, A; Fréon, P	A set of sustainability performance indicators for seafood: Direct human consumption products from Peruvian anchoveta fisheries and freshwater aquaculture	2015	Ecological Indicators	nov 1
Bal, C; Sarkis, J	Determining and applying sustainable supplier key performance indicators	2014	Supply Chain Management	03/09/20
Bezudnaya, A G; Ksenofontova, T Y; Razumovsky, V M; Zindki, N; Judin, D S	Evaluation of youth competence in the field of sustainable development: Lifecycle approach	2018	Espacios	nov 1
Biber-Freudenberger, I; Basukala, A K; Bruckner, M; Börner, J	Sustainability Performance of National Bio-Economies	2018	SUSTAINABILITY	out 8
Bloemhof, J M; van der Vorst, JGAJ; Basti, M; Alaoui, H	Sustainability assessment of food chain logistics	2015	International Journal of Logistics-Research and Ap...	out 8
Boone, T	Organizing for sustainability: Exploratory analysis of the healthcare industry	2012	International Series in Operations Research and ...	nov 1
Bottani, Eleonora; Gentilotti, Maria Carmen; Rinaldi, Marta	A Fuzzy Logic-Based Tool for the Assessment of Corporate Sustainability: A Case Study in the Food Machinery Industry	2017	SUSTAINABILITY	03/09/20
Bourlakis, M; Maglaras, G; Gallear, D; Fotopoulos, C	Examining sustainability performance in the supply chain: The case of the Greek dairy sector	2014	INDUSTRIAL MARKETING MANAGEMENT	out 8
Branca, T.-A.; Vannucci, M; Colla, V	A KPI for Local community impact of the ULCOS technologies	2009	Revue de Metallurgie, Cahiers D'Informations Tec...	03/09/20
Chaim, Omar; Muschard, Bernd; Cazarini, Edson; Rozenfeld, Henrique	Insertion of sustainability performance indicators in an industry 4.0 virtual learning environment	2018	Procedia Manufacturing	28/05/20
Chen, Y.-C.; Shiau, Y.-C.; Miao, C.-M.	Sustainable implementation of SPIM in a constructed wetland project	2018	International Journal of	nov 1

Fonte: elaborado a partir do gerenciador de referências Mendeley®

Com os dados armazenados, faz-se necessário a conversão desses dados para um formato de fácil manipulação e análise. Para isto, foi utilizado o software JabRef® que permite a conversão dos dados em formato HTML.

Para realizar a conversão, os dados foram exportados do Mendeley® e importados no JabRef®, realizando novamente a verificação de duplicatas para posterior conversão em HTML. O JabRef®, detectou um trabalho duplicado, permanecendo apenas arquivos únicos, possibilitando a realização da conversão dos dados para o formato HTML.

Os dados foram exportados para uma planilha em formato HTML, coletando as informações complementares para o cálculo no *InOrdinatio*. A primeira informação coletada foi o valor do fator de impacto (Fi) dos periódicos contidos no banco de dados, encontrado por meio da base de dados *Journal Citation Reportes* (JCR), utilizado para a avaliação e classificação dos periódicos (YANG; ZHANG, 2013).

Depois da coleta do fator de impacto, o número de citações (Ci) dos artigos científicos foi encontrado utilizando o Google Acadêmico. O número de citações é uma métrica utilizada para identificar a produtividade e o impacto que os pesquisadores e trabalhos estão tendo em meio científico (MINGERS; LIPITAKIS, 2010). Assim, a planilha com os dados armazenados foi incrementada conforme exemplificado na Figura 3.

Figura 3 - Planilha em formato HTML para manipulação e análise dos dados

	B	C	D	E	F	G	I
5	Autores	Título	Fi (Fator de Impacto) da Revista em 2020	Ci (Número de citações) *No Google Acadêmico 19/11	Ano da Pesquisa	Ano de Publicação	Journal/Proceedings
6	Adams, C.A. and Frost, G.R.	Integrating sustainability reporting into management practices	2,875	655	2020	2008	Accounting Forum
7	Lamberton, G.	Sustainability accounting - A brief history and conceptual framework	2,875	632	2020	2005	Accounting Forum
8	Bai, C. and Sarkis, J.	Determining and applying sustainable supplier key performance indicators	8,647	240	2020	2014	Supply Chain Management
9	Moscardo, G.	Sustainable Tourism Innovation: Challenging Basic Assumptions	0,93	256	2020	2008	Tourism and Hospitality Research
10	Lutzkendorf, T. and Lorenz, D.	Sustainable property investment: valuing sustainable buildings through property performance assessment	5,322	268	2020	2005	BUILDING RESEARCH AND INFORMATION
11	Kamali, M. and Hewage, K.	Development of performance criteria for sustainability evaluation of modular versus conventional construction methods	7,246	135	2020	2017	JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION
12	Shadram, F., Johansson, T.D., Lu, W.Z., Schade, J. and Olofsson, T.	An integrated BIM-based framework for minimizing embodied energy during building design	5,879	137	2020	2016	ENERGY AND BUILDINGS
13	García-Muñiña, F.E., González-Sánchez, R., Ferrari, A.M. and Settembre-Blundo, D.	The paradigms of Industry 4.0 and circular economy as enabling drivers for the competitiveness of businesses and territories: The case of an Italian ceramic tiles manufacturing company	0	101	2020	2018	Social Sciences

Fonte: elaborado a partir do gerenciador de referências JabRef®

Com todos os dados disponíveis, o *InOrdinatio* foi calculado considerando os valores do fator de impacto, número de citações, ano em que a pesquisa foi realizada, ano em que pesquisa foi publicada e o valor de α , informações demonstradas na equação (7), presente na seção 3.

Com isso, para os dados abordando KPIs de Sustentabilidade, foi possível identificar os trabalhos mais significativos no período mais recente do banco de dados,

segundo o, valor do *InOrdinatio*. A Tabela 1, apresenta os 10 principais trabalhos, com valores mais significativos do *InOrdinatio*.

Tabela 1 - Lista dos 10 principais trabalhos para KPIs de Sustentabilidade segundo o InOrdinatio

Autores	Título	InOrdinatio
Adams, C.A. and Frost, G.R.	Integrating sustainability reporting into management practices	635
Lamberton, G.	Sustainability accounting - A brief history and conceptual framework	582
Bai, C. and Sarkis, J.	Determining and applying sustainable supplier key performance indicators	280
Moscardo, G.	Sustainable Tourism Innovation: Challenging Basic Assumptions	236
Lutzkendorf, T. and Lorenz, D.	Sustainable property investment: valuing sustainable buildings through property performance assessment	218
Kamali, M. and Hewage, K.	Development of performance criteria for sustainability evaluation of modular versus conventional construction methods	205
Shadram, F., Johansson, T.D., Lu, W.Z., Schade, J. and Olofsson, T.	An integrated BIM-based framework for minimizing embodied energy during building design	197
Garcia-Muiña, F.E., González-Sánchez, R., Ferrari, A.M. and Settembre-Blundo, D.	The paradigms of Industry 4.0 and circular economy as enabling drivers for the competitiveness of businesses and territories: The case of an Italian ceramic tiles manufacturing company	181
Bourlakis, M., Maglaras, G., Gallear, D. and Fotopoulos, C.	Examining sustainability performance in the supply chain: The case of the Greek dairy sector	161
Kamali, M., Hewage, K. and Milani, A.S.	Life cycle sustainability performance assessment framework for residential modular buildings: Aggregated sustainability indices	153

Fonte: elaborado pelo autor

2.7.2. KPIs de Manutenção – WoS e Scopus – *Methodi Ordinatio*

O mesmo processo realizado na subseção 2.7.1 para *KPIs* de Sustentabilidade foi realizado para *KPIs* de Manutenção, utilizando o conjunto de dados coletado nas bases WoS e Scopus, apresentando um total de 98 trabalhos. Depois do processo de unificação, realizado no gerenciador de referências Mendeley®, restaram 69 trabalhos

unificados como mostra a Figura 4.

Figura 4 - Dados armazenados no gerenciador de referências Mendeley® para *KPIs* de Manutenção

Authors	Title	Year	Published In	Added
Simon, V; Johansson, C A; Galar, D	AGGREGATION OF ELECTRIC CURRENT CONSUMPTION FEATURES TO EXTRACT MAINTENANCE KPIs	2017	MANAGEMENT SYSTEMS IN PRODUCTION ENGINEERING	10:19
Rodseth, H; Schjolberg, P	Data-driven Predictive Maintenance for Green Manufacturing	2016	PROCEEDINGS OF THE 6TH INTERNATIONAL WORKSHO...	10:19
Galar, D; Berges, L; Royo, J	RAMS parameters as KPI rotating machinery maintenance	2010	23rd International Congress on Condition Monitoring and Dia...	10:20
Carpitella, S; Certa, A; Izquierdo, J	DEMATEL-based consensual selection of suitable maintenance KPIs	2018	24th ISSAT International Conference on Reliability and...	10:20
Droznyer, P; Jastulewicz-Kaczmarek, M	Maintenance Stakeholders from OEE perspective - case study	2017	INTERNATIONAL CONFERENCE ON ECONOME...	10:19
Galante, G M; Inghilleri, R; La Fata, C M	A hierarchical framework for the measurement of maintenance efficacy and efficiency using performance indicators	2015	SAFETY AND RELIABILITY: METHODOLOGY AND APPLIC...	10:19
Rodseth, H; Skarlo, T; Schjolberg, P	Profit loss indicator: a novel maintenance indicator applied for integrated planning	2015	ADVANCES IN MANUFACTURING	10:19
Rodseth, H; Mo, B	Integrated Planning in Autonomous Shipping—Application of Maintenance Management and KPIs	2016	PROCEEDINGS OF THE 10TH WORLD CONGRESS ON ENGI...	10:19
Brundage, Michael P; Morris, K C; Sexton, Thurston; Moccozet, Sascha; Hoffman, Michael	Developing Maintenance Key Performance Indicators From Maintenance Work Order Data	2018	International Manufacturing Science and Engineering Con...	30/09/20
Fangucci, A; Galante, G M; Inghilleri, R; La Fata, C M	Structured methodology for selection of maintenance key performance indicators: Application to an oil refinery plant	2017	International Journal of Operations and Quantitative ...	10:20
Contreras, J; Parra, C; Márquez, A C; González-Prida, V; Kristjanpoller, F; Viveros, P	Model of a performance measurement system for maintenance management	2016	Optimum Decision Making in Asset Management	10:20
Rodseth, H; Mo, B	Integrated planning in autonomous shipping—application of maintenance management and KPIs	2016	Lecture Notes in Mechanical Engineering	10:20
Muting, M; Nangolo, V; Musiyarira, H; Mbohwa, C	Adoption of maintenance key performance indicators in the Namibian mining industry	2016	2016 World Congress on Engineering and Computer S...	10:20
Rodseth, H; Skarlo, T; Schjolberg, P	Profit loss indicator: a novel maintenance indicator applied for integrated planning	2015	Advances in Manufacturing	10:20
Gonçalves, C D F; Dias, J A M; Cruz-Machado, V A	Decision methodology for maintenance KPI selection: Based on ELECTRE I	2014	8th International Conference on Management Science and ...	10:20
Salonen, A; Bengtsson, M	The potential in strategic maintenance development	2011	Journal of Quality in Maintenance Engineering	10:20

Fonte: elaborado a partir do gerenciador de referências Mendeley®

Os dados foram alocados no software JabRef®, detectando a existência de dois trabalhos duplicados, chegando a um total de 67 trabalhos unificados, possibilitando a conversão dos dados para o formato HTML.

Com a realização da conversão dos dados realizada, os dados foram realocados para uma planilha em formato HTML, demonstrado na Figura 5 e o *InOrdinatio* foi calculado, utilizando os índices apresentados na subseção 2.7.1, como mostra a Tabela 2, com os 10 principais trabalhos, como valores mais significativos no *InOrdinatio* para *KPIs* de Manutenção.

Figura 5 - Planilha em formato HTML para manipulação e análise dos dados para KPIs de Manutenção

	B	C	D	E	F	G	I
	Autores	Título	FI (Fator de Impacto) da Revista em 2020	Ci (Número de citações) *No Google Acadêmico 03/12	Ano da Pesquisa	Ano de Publicação	Journal/Proceedings
4							
5	Parida, A. and Kumar, U.	Maintenance performance measurement (MPM): Issues and challenges	0	396	2020	2006	Journal of Quality in Maintenance Engineering
6	Tsang, A.H.C., Jardine, A.K.S. and Kolodny, H.	Measuring maintenance performance: a holistic approach	6,629	380	2020	1999	INTERNATIONAL JOURNAL OF OPERATIONS & PRODUCTION MANAGEMENT
7	Van Horenbeek, A. and Pintelon, L.	Development of a maintenance performance measurement framework-using the analytic network process (ANP) for maintenance performance indicator selection.	2,17	213	2020	2014	OMEGA-INTERNATIONAL JOURNAL OF MANAGEMENT SCIENCE
8	Parida, A., Kumar, U., Galar, D. and Stenstrom, C.	Performance measurement and management for maintenance: a literature review	0	163	2020	2015	JOURNAL OF QUALITY IN MAINTENANCE ENGINEERING
9	Komonen, K.	A cost model of industrial maintenance for profitability analysis and benchmarking	7,885	199	2020	2002	INTERNATIONAL JOURNAL OF PRODUCTION ECONOMICS
	da Silva, R.F., Melani, A.H.A., Michalski, M.A.C., de Souza, G.F.M., Nabeta, S.I. and Hamaji, F.H.	Defining maintenance performance indicators for asset management based on ISO 55000 and balanced scorecard: A hydropower plant case study	0	3	2020	2020	30th European Safety and Reliability Conference, ESREL 2020 and 15th Probabilistic Safety Assessment and Management Conference,

Fonte: elaborado a partir do gerenciador de referências JabRef®

Tabela 2 - Lista dos 10 principais trabalhos para KPIs de Manutenção segundo o *InOrdinatio* (continua)

Autores	Título	InOrdinatio
Parida, A. and Kumar, U.	Maintenance performance measurement (MPM): Issues and challenges	356
Tsang, A.H.C., Jardine, A.K.S. and Kolodny, H.	Measuring maintenance performance: a holistic approach	270
Van Horenbeek, A. and Pintelon, L.	Development of a maintenance performance measurement framework-using the analytic network process (ANP) for maintenance performance indicator selection.	253
Parida, A., Kumar, U., Galar, D. and Stenstrom, C.	Performance measurement and management for maintenance: a literature review	213
Komonen, K.	A cost model of industrial maintenance for profitability analysis and benchmarking	119
da Silva, R.F., Melani, A.H.A., Michalski, M.A.C., de Souza, G.F.M., Nabeta, S.I. and Hamaji, F.H.	Defining maintenance performance indicators for asset management based on ISO 55000 and balanced scorecard: A hydropower plant case study	103
Alla, H.R., Hall, R. and Apel, D.B.	Performance evaluation of near real-time condition monitoring in haul trucks	102

Tabela 2 - Lista dos 10 principais trabalhos para *KPIs* de Manutenção segundo o *InOrdinatio* (continuação)

Autores	Título	InOrdinatio
Ku, S. and Kim, C.	Development of a model for maintenance performance measurement A case study of a gas terminal	102
Riantini, L.S., Wardahni, N.I., Latief, Y. and Machfudiyanto, R.A.	Structural equation model relationship between policy, Work Breakdown Structure (WBS), Guidelines, Information System (IS), and Building Information Modeling (BIM) on maintenance performance of high rise building	100
Chua, S.J.L., Zubbir, N.B., Ali, A.S. and Au-Yong, C.P.	Maintenance of high-rise residential buildings	99

Fonte: elaborado pelo autor

2.8 Identificar, nomear e integrar conceitos das ferramentas encontradas

A etapa de identificação, nomeação e integração, tem o objetivo de apontar os conceitos das ferramentas encontradas nos trabalhos analisados (Seção 4.2). No decorrer da identificação e nomeação foi observado que algumas ferramentas possuem similaridades nas suas composições. Desse modo, os conceitos expostos a seguir, são apresentados considerando essas similaridades, por meio da integração de conceitos.

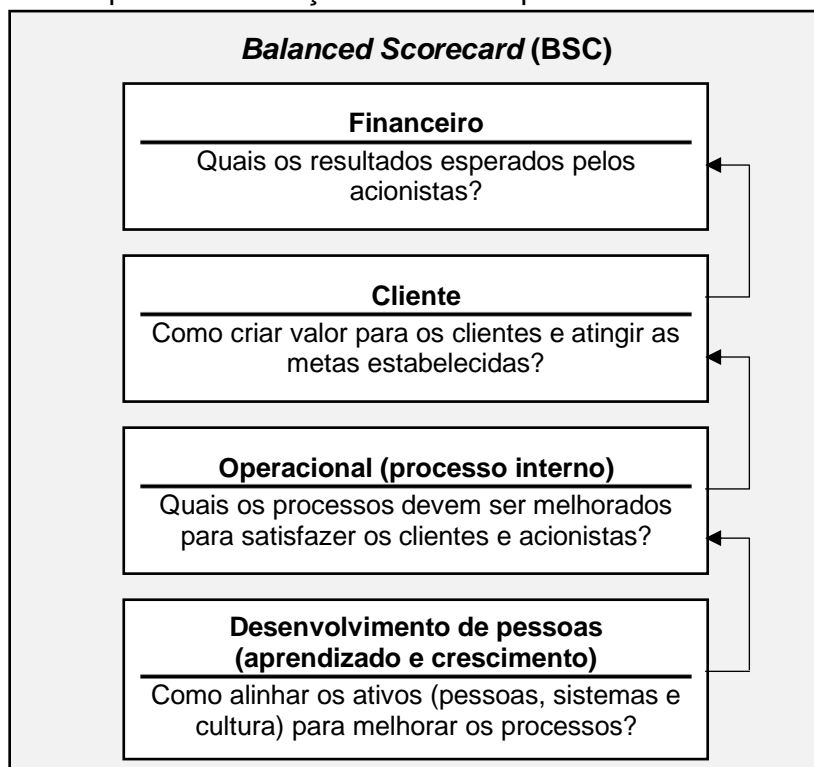
2.8.1 Ferramentas afins aos KPIs de Sustentabilidade

a. *Balanced Scorecard* (BSC)

O BSC foi uma metodologia encontrada nas duas abordagens do estudo, ou seja, para KPIs de Sustentabilidade e para KPIs de Manutenção. Kaplan e Norton (1997) descrevem o BSC como sendo uma ferramenta importante que traduz a missão e a estratégia das empresas, em um conjunto abrangente de medidas de desempenho, que serve de base para um sistema de medição e gestão estratégica. Os mesmos autores apontam a medição do BSC sob quatro dimensões: financeira (considerando aspectos como produtividade e custos), cliente (analisando a disponibilidade e confiabilidade), operacional (considerando a eficiência dos processos) e desenvolvimento das pessoas (direcionado ao desenvolvimento e conhecimento dos colaboradores).

As quatro dimensões do BSC estão ligadas por meio de uma estrutura de causa e efeito. No trabalho de Kaplan e Norton (2006) essa estrutura é evidenciada, como mostra a Figura 6. O processo de treinamentos (desenvolvimento das pessoas) melhora o atendimento ao cliente (operacional), levando a uma maior satisfação do cliente (cliente), resultando no aumento dos lucros da organização (financeira).

Figura 6 - Modelo para a construção do BSC corporativo



Fonte: adaptado de Kaplan e Norton (2006)

Figge et al. (2002) apontam que o objetivo de um BSC é elaborar um sistema hierárquico com propósitos nas quatro perspectivas, alinhados a estratégia do negócio e a perspectiva financeira. E com base nesse alinhamento, os autores apontam que são elaboradas medidas considerando as quatro dimensões (financeira, cliente, operacional e pessoal).

Como direcionador na aplicação do BSC, Tsang (1998) aponta quatro etapas a serem desenvolvidas:

- i. Elaborar a estratégia para a manutenção: nesta etapa são definidos os principais procedimentos a serem executados dentro das atividades, como por exemplo: estabelecer a capacidade das instalações, serviços necessários para execução

das atividades, capacitações, entre outros.

- ii. Executar a manutenção: nesta etapa são definidos quais os KPIs a serem utilizados no BSC considerando as metas estabelecidas.
- iii. Construir planos de ação: esta etapa objetiva o desenvolvimento de ações para o atingimento das metas traçadas.
- iv. Fiscalização contínua da estratégia e seus resultados: esta etapa ressalta a importância da revisão dos processos, garantindo a sua evolução e aplicação de melhoria de forma contínua.

b. *Triple Bottom Line* (TBL)

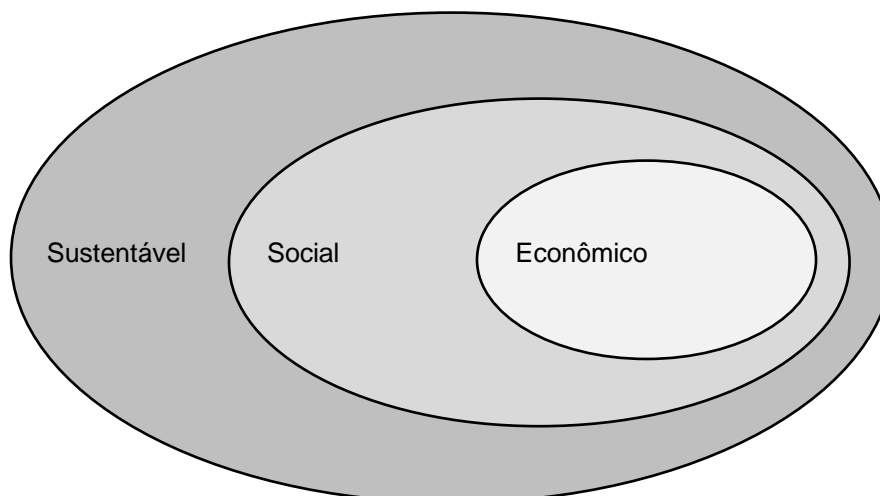
O TBL também conhecido como os pilares da sustentabilidade, apresenta o paradigma de que o sucesso de uma organização deve ser mensurado não apenas pelos habituais indicadores financeiros, mas também pelo desempenho social e ambiental (NORMAN; MACDONALD, 2004). Os mesmos autores ressaltam que as responsabilidades para com as comunidades, colaboradores, clientes e fornecedores devem ser medidas, avaliadas e divulgadas, da mesma forma que é realizado com o desempenho financeiro.

Quanto ao uso do TBL pelas corporações, organizações como o GRI (*Global Reporting Initiative*) assumem e divulgam o conceito do TBL para a sua execução no ambiente corporativo em todo o mundo (NORMAN; MACDONALD, 2004). É importante ressaltar que os órgãos públicos têm obrigações cívicas no que se refere ao monitoramento de atividades, buscando o seu alinhamento com o desenvolvimento sustentável (GRI, 2004).

No trabalho de Guthrie e Farneti (2008) destaca-se que o TBL é caracterizado em três áreas: econômica, ambiental e social (divididas em direitos humanos, trabalho, responsabilidade pelo produto e sociedade). A associação destas três áreas, ressalta a importância das decisões tomadas ao longo do processo, certificando o alcance do desenvolvimento sustentável (MITCHELL; CURTIS; DAVIDSON, 2007).

No trabalho de Mitchell, Curtis e Davidson (2007), o TBL é representado por meio de círculos concêntricos, como demonstrado na Figura 7. Os autores mediante representação, destacam que a sustentabilidade deve ser um objetivo coletivo e que o sistema financeiro é uma construção social, que pode ser modificado para contribuir com o futuro sustentável.

Figura 7 - Conceito TBL apresentado em círculos concêntricos



Fonte: adaptado de Mitchell, Curtis e Davidson (2007)

Tendo em vista a busca pelo futuro sustentável, em GRI (2005) os principais indicadores são demonstrados, conforme apresentado no Quadro 1. Esses indicadores permitem a documentação das informações, controle dos resultados e divulgação dos relatórios.

Quadro 1 - Indicadores essenciais identificados pela GRI

Categorias	Aspectos
1 – Ambiental (Produtos e serviços, conformidade, transporte, no geral)	Materiais
	Energia
	Biodiversidade
	Emissões, efluentes e resíduos
2 - Direitos sociais—humanos	Práticas de investimento e aquisição
	Não discriminação
	Liberdade de associação e negociação coletiva
	Trabalho infantil
	Trabalho forçado e obrigatório
	Práticas de segurança
	Direitos indígenas
3 - Práticas sociais trabalhistas e desempenho social do trabalho decente: práticas trabalhistas e trabalho decente	Relações trabalhistas/administrativas
	Saúde e segurança Ocupacional
	Treino e educação

	Diversidade e igualdade de oportunidades
4 - Social - responsabilidade pelo produto	Saúde e segurança do cliente
	Rotulagem de produtos e serviços
	Comunicações de marketing
	Privacidade do cliente
	Conformidade
5 - Social - sociedade (corrupção, políticas públicas e comportamento anticompetitivo)	Comunidade
6 - Órgãos públicos - específicos	Novos elementos de divulgação para órgãos públicos e novos indicadores sociais para órgãos públicos
	Eficiência administrativa

Fonte: adaptado de GRI (2005)

Outro estudo que retrata o desenvolvimento de KPIs de sustentabilidade está em Amrina e Vilsa (2015). No trabalho são desenvolvidos KPIs adotando o TBL da sustentabilidade para a avaliação do processo. Esses indicadores estão representados no Quadro 2.

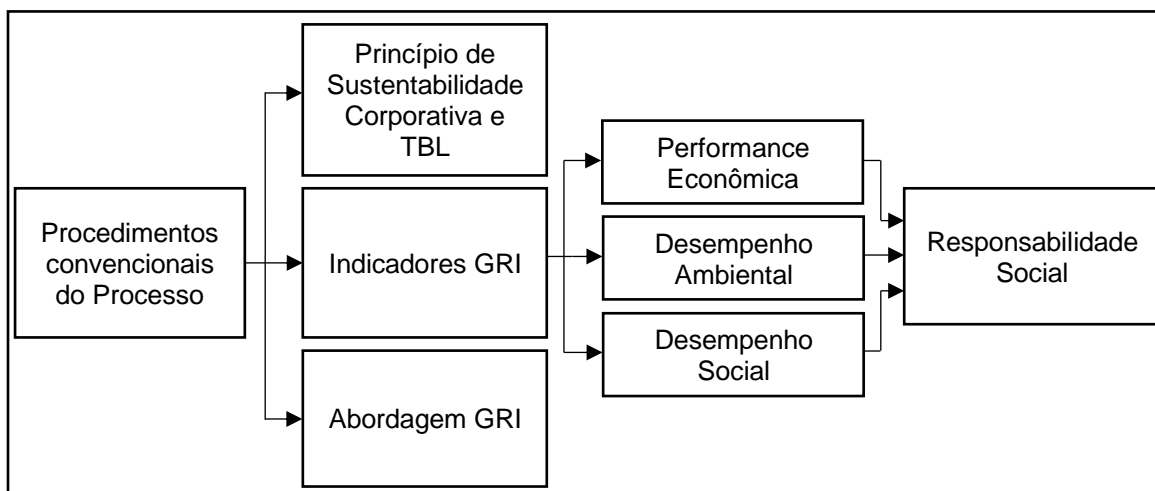
Quadro 2 - KPIs para a avaliação de fabricação sustentável

Fatores	Indicadores
1 - Econômico	Custo de estoque
	Custo de mão de obra
	Custo de material
	Entrega do produto
	Substituição de matéria-prima
2 - Ambiental	Emissão atmosférica
	Consumo de energia
	Consumo de combustível
	Consumo de materiais
3 - Social	Taxa de acidentes
	Relação da trabalhista
	Saúde e segurança ocupacional
	Treinamento e educação

Fonte: adaptado de Amrina e Vilsa (2015)

No trabalho de Nikolaou, Evangelinos e Allan (2013), um *framework* é proposto utilizando os princípios do TBL e os indicadores sugeridos pelo GRI. O *framework* é apresentado pela Figura 8.

Figura 8 - Modelo de framework aplicando os princípios do TBL e GRI

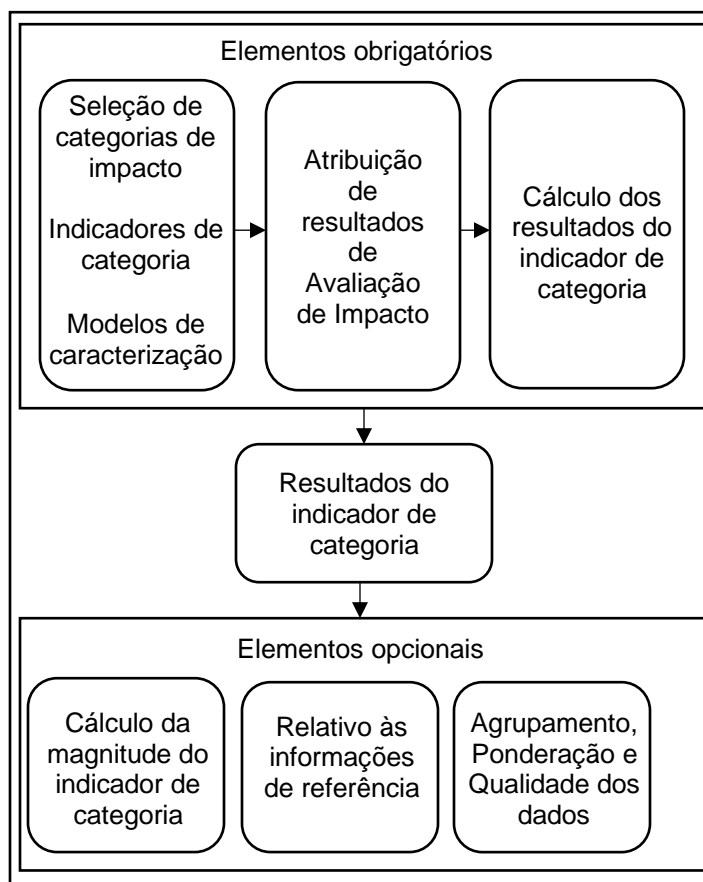


Fonte: adaptado de Nikolaou, Evangelinos e Allan (2013)

Ao longo da construção do trabalho foi observado que outras ferramentas apontadas nos artigos, direcionadas aos KPIs de sustentabilidade, também estão associadas ao TBL, com foco conjunto na parte social, ambiental e econômica. É o caso da avaliação do ciclo de vida (*Life Cycle Assessment – LCA*), do índice de sustentabilidade ambiental (*Environmental Sustainability Index - ESI*), do índice de desenvolvimento humano (*Human Development Index - HDI*) e economia circular, atuam com foco tridimensional do TBL, podendo ser encontrado em Kamali e Kewage (2017), Ness et al. (2007), Amrina, Ramadhani e Vilsu (2016) e Garcia-Muiña et al. (2018), apresentados a seguir:

- i. A avaliação do ciclo de vida (LCA): é uma ferramenta utilizada por muitas empresas e tem como objetivo, o monitoramento das alterações do meio ambiente, causada pelos processos e serviços ao longo do seu ciclo de vida (NESS et al., 2007). É um método que avalia riscos potenciais apresentados ao longo da cadeia produtiva de um produto, desde a aquisição de insumos, processo produtivo, utilização e refugo (LINDFORS et al., 1995). A Figura 9 apresenta a estrutura com as fases do LCA.

Figura 9 - Estrutura da avaliação do ciclo de vida (LCA)



Fonte: adaptado de Arvanitoyannis (2010)

- ii. Índice de Sustentabilidade Ambiental (ESI) é utilizado para auxiliar no processo de tomada de decisões da perspectiva ambiental (NESS et al., 2007). O ESI é analisado sob os seguintes aspectos: sistemas ambientais (água, solo, ar e ecossistemas), redução do estresse ambiental, fragilidade social as mudanças do meio ambiente e competências sociais para atender os desafios ambientais (CENTER FOR INTERNATIONAL EARTH SCIENCE INFORMATION NETWORK, 2002).
- iii. Índice de Desenvolvimento Humano (HDI): segundo Ness et al. (2007) é utilizado pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento, para avaliar o progresso social e econômico em diferentes países. As métricas utilizadas para avaliar o HDI são: longevidade, informação e padrão de vida (UNDP, 2004).
- iv. Economia circular: é uma abordagem de produção que visa a utilização total dos

insumos, transformando resíduos em recursos (GARCIA-MUIÑA et al., 2018). Os mesmos autores apontam que o sistema produtivo ao final do ciclo de produção, deve desenvolver a capacidade de absorver e reutilizar resíduos e escórias.

2.8.2. Ferramentas afins aos KPIs de Manutenção

a. Manutenção Produtiva Total (*Total Productive Maintenance* – TPM)

A Manutenção Produtiva Total (TPM) é descrita por Campbell, Reyes-Picknell e Kim (2015), como uma abordagem baseada em equipe para organizar e trabalhar, podendo ser aplicada em uma variedade de ambientes industriais como automotivo, fabricação leve, fabricação de cerveja e produtos químicos.

O TPM é definido por Almeanazel (2010) como uma abordagem que auxilia na melhoria da eficácia dos equipamentos, por meio da análise das perdas de tempo e inatividade, perdas de velocidade, defeitos ou perdas de qualidade, além da busca do envolvimento dos operadores, atuando de forma preventivista.

Ahuja e Khamba (2008) ressaltam que as principais características do TPM são a busca de eficiência econômica ou lucratividade, prevenção de manutenção, melhoria da manutenção, uso de manutenção preventiva e participação total de todos os funcionários. Além disso, Nakajima (1998); Ahuja e Khamba (2008); Almeanazel (2010) e Zlati (2019) destacam que, os principais objetivos do TPM são: a redução das perdas ou avarias, redução dos desperdícios e eliminação de acidentes.

O TPM pode ser dividido em três etapas importantes (ADESTA; PRABOWO; AGUSMAN, 2018):

- i) Total: ressalta a importância da participação de todos os colaboradores da organização;
- ii) Produtiva: expressa que as atividades do TPM são executadas sem comprometer a produtividade dos processos;
- iii) Manutenção: retrata a análise e escolha da ferramenta de manutenção que trará os melhores resultados.

O TPM utiliza a Eficácia Geral do Equipamento (*Overall Equipment Effectiveness* – OEE), um método quantitativo, para mensurar a performance do sistema (WAKJIRA;

SINGH, 2012). Para a obtenção do OEE, o TPM atua na eliminação das “seis grandes perdas”, definidas por Nakajima (1998) como:

- Tempo de inatividade:
 1. Falha do equipamento por avarias – essa perda retrata as falhas ou quebras de um equipamento, fazendo-se necessária a sua troca ou a correção, considerando o tempo gasto da mão de obra para o reparo total do problema.
 2. *Setup* e ajuste – expressam a perda com as modificações ocorridas no processo no decorrer das atividades, como: troca de matriz, ferramentas e etc.
- Perdas de velocidade:
 3. Marcha lenta e pequenas paradas – exposta por meio do funcionamento irregular de sensores.
 4. Velocidade reduzida – ocasionada por desconformidades entre a velocidade projetada e a real do equipamento.
- Defeito:
 5. Defeitos de processo - devido a refugos e defeitos de qualidade a serem reparados.
 6. Rendimento reduzido - desde a partida da máquina até a produção estável.

O cálculo da OEE deve considerar segundo Almeanazel (2010), as três principais bases que direcionam as grandes perdas: tempo de inatividade, perdas por velocidade e perdas por qualidade. Segue, na Equação (1) o método utilizado para o cálculo da OEE, segundo Almeanazel (2010):

$$OEE = Disponibilidade \times Taxa \ de \ desempenho \times Taxa \ de \ qualidade \quad (1)$$

A disponibilidade é obtida de acordo com a Equação (2):

$$Disponibilidade = \left(\frac{Disponibilidade \ Necessária - Tempo \ de \ Inatividade}{Disponibilidade \ Necessária} \right) * 100 \quad (2)$$

Onde a disponibilidade necessária é definida como o tempo necessário para realizar a operação do equipamento e o tempo de inatividade, descreve o tempo gasto para as pausas, reparos ou trocas.

A taxa de desempenho é alcançada considerando (vide Equação (3)):

$$Taxa\ de\ Desempenho = \left(\frac{Tempo\ de\ Ciclo\ de\ Projeto * Saída}{Tempo\ de\ Operação} \right) * 100 \quad (3)$$

Onde o tempo de ciclo é descrito como o tempo ideal para a produção de um determinado item, a saída efetiva do equipamento e o tempo de operação se relaciona ao valor de disponibilidade.

A taxa de qualidade, exposta na Equação (4), é calculada considerando:

$$Taxa\ de\ Qualidade = \left(\frac{Entrada\ de\ Produção - Defeitos\ de\ Qualidade}{Entrada\ de\ Produção} \right) * 100 \quad (4)$$

Onde a entrada de produção expressa que a unidade do produto será incrementada no processo produtivo e os defeitos de qualidade, relacionam a quantidade de produtos que foram rejeitados por não estarem dentro dos padrões de qualidade.

b. Manutenção Centrada na Confiabilidade (*Reliability Centered Maintenance - RCM*)

A manutenção Centrada na Confiabilidade (RCM) é uma metodologia utilizada para determinar os parâmetros da manutenção de qualquer bem físico, garantindo a sua utilização segundo o que foi programado (MOUBRAY, 1997). Segundo o mesmo autor, o processo de RCM é direcionado por meio de questionamentos que envolvem o detalhamento das funções dos ativos, indicativo de falhas, suas consequências e as medidas de prevenção a serem adotadas.

O RCM é composto por três elementos importantes: manutenção, centralidade e confiabilidade. Os três elementos são descritos por European Committee for Standardization (CEN) (2001) como sendo:

- **Manutenção:** tem como principal objetivo, a garantia de que os processos ocorrerão conforme o planejado, tendo como suporte técnicas e métodos administrativos e gerenciais;

- Centralidade: expõe o foco das análises em um objetivo pré-definido;
- Confiabilidade: representa a competência de um determinado item em executar suas funções, segundo as condições impostas em um espaço de tempo.

O RCM é considerado o método mais eficiente na atribuição das especificações do programa de manutenção, principalmente se as falhas inerentes ao programa envolverem danos ambientais, riscos à segurança e perdas de mercado (CAMPBELL; REYES-PICKNELL; KIM, 2015).

Afey et al. (2019) relata que o RCM utiliza a manutenção preventiva (*Preventive Maintenance* - PM), a manutenção preditiva (*Predictive Maintenance* - PdM), o monitoramento em tempo real (*Run-time monitoring* – RTM), a operação até a falha e a manutenção proativa. Essa abordagem tem como objetivo segundo Hoseinie, Kumar, Ghodrati (2016) a redução do Custo do Ciclo de Vida (*Life Cycle Cost* - LCC) de uma instalação, permitindo que esta funcione conforme o esperado, atendendo aos níveis exigidos de confiabilidade e disponibilidade.

A gestão da confiabilidade e disponibilidade potencializa o período de atividades, reduz as perdas com a inatividade, além de trazer seguridade aos ativos com o aumento do tempo médio entre falhas (*Mean Time Between Failures* - MTBF) (CAMPBELL; REYES-PICKNELL; KIM, 2015). Além do tempo médio entre falhas (MTBF) fatores como o tempo médio de reparo (*Mean Time To Repair* - MTTR) e a disponibilidade são informações importantes que direcionam a gestão dos componentes do sistema (AFEFY, 2010).

O MTBF e o MTTR são considerados como sendo importantes KPIs de um sistema e podem ser encontrados segundo Ben (2022) por meio das Equações (5) e (6).

$$MTBF = \frac{\text{Tempo de Operação}}{\text{Número de Falhas}} \quad (5)$$

Onde o tempo de operação relaciona-se a disponibilidade ou ao tempo total da atividade, e o número de falhas ocorridos em um dado intervalo de tempo.

$$MTTR = \frac{\text{Tempo de Inatividade}}{\text{Número de Falhas}} \quad (6)$$

Onde o tempo de inatividade direciona as perdas e pausas. A disponibilidade é descrita na Equação (2).

c. Medição de desempenho de manutenção (*Maintenance Performance Measurement* - MPM)

A medição de desempenho de manutenção (MPM), é considerado como um grande aliado estratégico no gerenciamento da manutenção, pois permite o acompanhamento das questões de segurança e do meio ambiente (PARIDA; CHATTOPADHYAY, 2007). A correta definição de indicadores de desempenho de manutenção (*Maintenance performance indicators* - MPI) auxilia na identificação das fraquezas dos processos, permitindo suas correções e mudanças de resultados (MUCHIRI et al., 2011).

Para o desenvolvimento de uma estrutura de medição de desempenho de manutenção, é essencial a realização do levantamento dos objetivos de manutenção, alinhando as questões de produção com as estratégias da organização e identificação dos principais elementos que influenciam a atividade de manutenção (MUCHIRI et al., 2011). Segundo o mesmo autor, os resultados da manutenção podem ser analisados considerando o desempenho dos equipamentos e os custos da manutenção.

A medição de desempenho de manutenção, por meio da utilização de indicadores de desempenho de manutenção atuam de forma preventiva. Segundo Muchiri et al. (2011) o trabalho de manutenção preventiva é conhecido por mitigar as consequências de falhas adversas, como alto tempo de inatividade, custo de manutenção, segurança e riscos ambientais.

O trabalho de Muchiri et al. (2011) aponta os principais indicadores de desempenho de manutenção presentes na literatura. O autor resume os indicadores de desempenho de manutenção, conforme mostrado no Quadro 3.

Quadro 3 - Indicadores Desempenho de Manutenção (MPI)

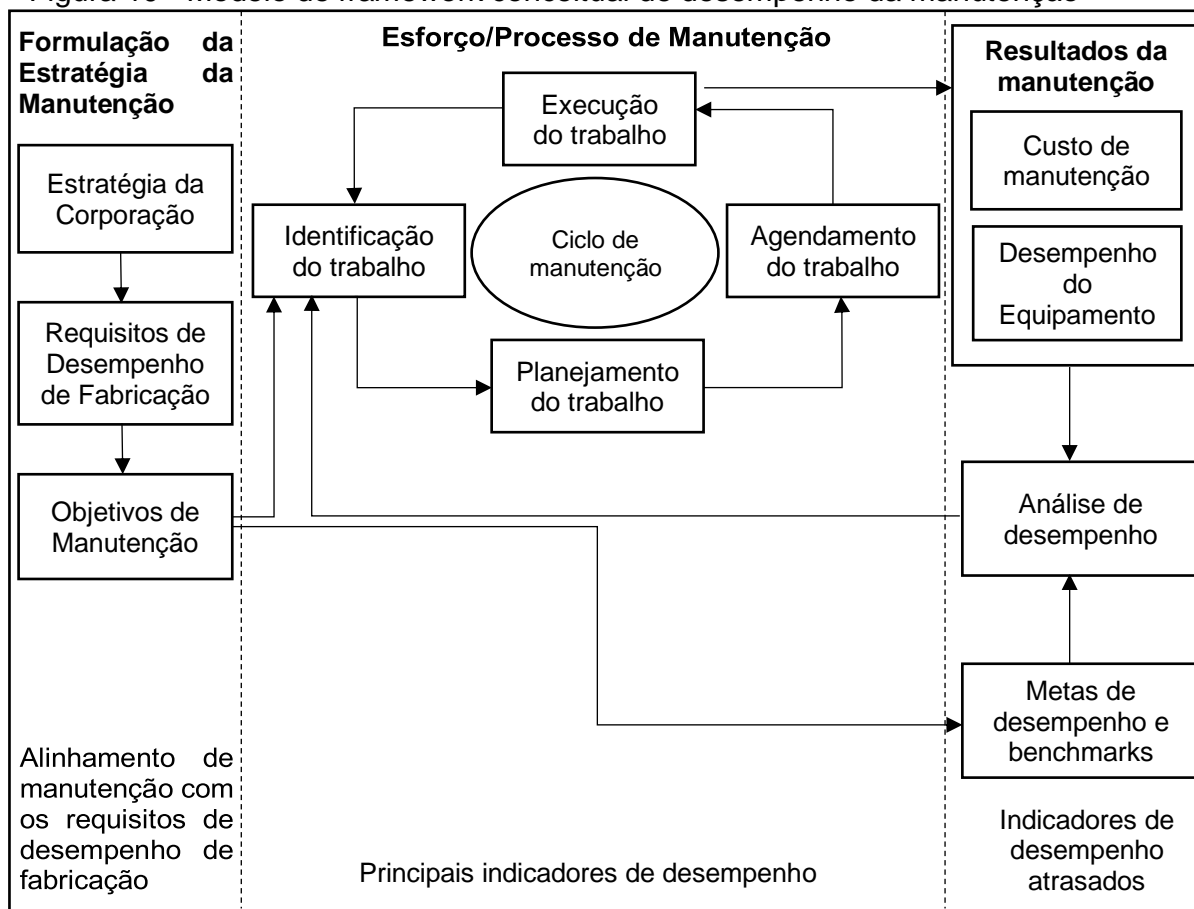
Categoria	Medidas/Indicadores	Unidades	Descrição
Medidas de Desempenho do Equipamento	Número de falhas	Número	Número de falhas classificadas por suas consequências: operacional, não operacional, segurança, etc.
	Frequência de falha/interrupção	Número / Unidade de tempo	Número de falhas por unidade de tempo (uma medida de confiabilidade)
	MTBF	Horas	Tempo médio entre falhas (uma medida de confiabilidade)
	Disponibilidade	%	(Disponibilidade necessária – Tempo de inatividade) / Disponibilidade necessária
	OEE	%	Disponibilidade * Taxa de desempenho * Taxa de qualidade
Medidas de Desempenho de Custo	Custo direto de manutenção	\$	Custo Total de Manutenção Corretiva e Preventiva
	Gravidade da avaria	%	Custo de Detalhamento / Custo de Manutenção Direto
	Intensidade de manutenção	\$ / Unidade de produção	% do Custo de Manutenção por unidade de produtos produzidos em um período
	% Componente do custo de manutenção sobre o custo de fabricação	%	% Custo de Manutenção / Custo Total de Fabricação
	ERV (Valor de Substituição do Equipamento)	%	Custo de Manutenção / Valor da Nova Condição
	Rotatividade do Estoque de Manutenção	Número	Proporção do custo dos materiais usados do estoque dentro de um período
	Porcentagem de Custo de Pessoal	%	Custo de Pessoal / Custo Total de Manutenção
	Custo Percentual de Subcontratados	%	Despesas de Subcontratação / Custo Total de Manutenção
	Porcentagem de Custo de Suprimentos	%	Custo de Suprimentos / Custo Total de Manutenção

Fonte: adaptado Muchiri et al. (2011)

Além dos principais indicadores Muchiri et al. (2011) também elaborou um *framework* conceitual de desempenho da manutenção, identificando os principais

elementos e processos que direcionam a manutenção para a entrega do desempenho exigido. O *framework* é apresentado na Figura 10.

Figura 10 - Modelo de framework conceitual de desempenho da manutenção



Fonte: adaptado de Muchiri et al. (2011)

2.9 Considerações Finais

Portanto, com base nas identificações feitas pela análise de cocitações com o auxílio do software CiteSpace® e pelo *Methodi Ordinatio*, tanto para KPIs de Sustentabilidade quanto para KPIs de Manutenção, foi possível encontrar as principais referências utilizadas no *framework* proposto.

Para KPIs de Sustentabilidade, utilizando a análise de cocitações, as referências são as seguintes: Amrina, Ramadhani e Vilsu (2016); Asif e Searcy (2013); Azapagic (2004); De Villiers, Rouse e Kerr (2016); Joung et al. (2013); Ness et al. (2007); Searcy, Karapetrovic e McCartney (2005); Seuring (2013) e Singh et al. (2009).

Já, para KPIs de Manutenção: Alsyouf (2009); Atkinson, Waterhouse e Wells (1997); Campbell, Reyes-Picknell e Kim (2015); Cross (1988); Kaplan e Norton (2005); Kumar et al. (2013); Kutucuoglu et al.(2001); Neely, Gregory e Platts (2005); Parida e Kumar (2006) e Weber e Thomas (2005).

Essas referências foram encontradas por meio de análises realizadas com o auxílio do software CiteSpace[®], considerando a explosão de frequências no período mais recente do banco de dados, a lista de autores com o maior número de citações ao longo de todo o período do banco de dados, trabalhos com maiores frequências de ocorrências dentro dos *clusters* e maiores centralidades.

Com o uso do *Methodi Ordinatio* para KPIs de Sustentabilidade, as referências detectadas foram as seguintes: Adams e Frost (2008); Lamberton (2005); Bai e Sarkis (2014); Moscardo (2008); Lutzkendorf et al. (2005); Kamali e Hewage (2017); Shadram et al. (2016); Garcia-Muiña et al. (2018); Bourlakis et al. (2014); Kamali, Hewage e Milani (2018).

No que tange os KPIs de Manutenção, verificou-se os artigos: Parida e Kumar (2006); Tsang, Jardine e Kolodny (1999); Van Horenbeek e Pintelon (2014); Parida et al. (2015); Komonen (2002); Da Silva et al. (2020); Alla, Hall e Apel (2020); Ku e Kim (2019); Riantini et al. (2020); Chua et al. (2018).

As referências encontradas por meio do *Methodi Ordinatio* utilizaram o índice *InOrdinatio* para classificação dos trabalhos mais significativos. Quanto maior o valor do *InOrdinatio* mais significativo é o trabalho.

Com o encontro das principais referências, este capítulo também apresenta a identificação, nomeação e integração dos conceitos. Esta etapa objetiva a compreensão de cada ferramenta encontrada nos trabalhos coletados, realizando conceituações, apontando as principais características, distinções e similaridades, realizando a integração.

CAPÍTULO 3

METODOLOGIA DE PESQUISA

3.1 Considerações Iniciais

Este capítulo tem a finalidade de descrever a metodologia utilizada para a realização da pesquisa. Assim, aspectos como a explicação científica, a abordagem e o procedimento de pesquisa são explanados.

Utilizou-se a explicação científica hipotético-dedutiva empregando os quatro passos sugeridos por Popper (2004): ideias novas, problema, conjecturas e conclusões, para o encontro de hipóteses. A natureza da pesquisa foi classificada em pesquisa básica, para a realização de trabalhos teóricos e os objetivos de pesquisa foram classificados em descritivos.

Quanto a abordagem de pesquisa, esta foi classificada em mista, considerando aspectos quantitativos e qualitativos, objetivando uma melhor compreensão do tema estudado. Para o procedimento de pesquisa foi utilizado o método de estudo de escopo, mapeando os estudos contidos na literatura, utilizando ferramenta computacional CiteSpace® e o *Methodi Ordinatio*.

O capítulo é dividido como segue: seção 3.1 considerações iniciais; 3.2 expõe a explicação científica; a seção 3.3 a abordagem de pesquisa; a seção 3.4 o procedimento da pesquisa e a seção 3.5 apresenta as considerações finais.

3.2 Explicação Científica

A explicação científica hipotético-dedutiva foi desenvolvida a partir de críticas realizadas a respeito da eficácia do método indutivo (POPPER, 2004). Segundo essas críticas, a lógica indutiva consiste precisamente, em não proporcionar conveniente

sinal diferenciador do caráter empírico, não-metafísico, de um sistema teórico. Em outras palavras, consiste em não proporcionar adequado critério de demarcação (POPPER, 2004).

O método hipotético-dedutivo consiste no encontro de hipóteses por meio de observações e experiências científicas, mediante experimentos. As hipóteses são questionadas, podendo substituir ou não por outras possibilidades (KAPLAN, 1975). Além disso, o método ao se deparar com problemas, ausências de informações e contestações utilizam aspectos formais, experimentações e comparações para encontrar a solução que é analisada a partir da técnica de falseamento (POPPER, 2004).

A técnica de falseamento por meio da dedução tem o papel de verificar como os novos efeitos da teoria já existente se equivalem aos resultados práticos de experimentos científicos. Com o auxílio de argumentos analisados e aceitos chamados predições, o confronto de enunciados pode ser realizado, podendo concluir em resultados positivos, consistindo em um teste temporariamente aceito, até que se encontre outra contestação, ou teste falseado com conclusões negativas (POPPER, 2004).

Popper (2004) afirma que na medida em que a teoria resista a provas pormenorizadas e severas, e não seja suplantada por outra, no curso do progresso científico, pode-se dizer que ela comprovou sua qualidade ou foi corroborada pela experiência passada.

Existem quatro passos para a realização e execução do método hipotético-dedutivo sugerido por Popper (2004): ideias novas ou expectativas, problema, conjecturas e falseamento ou conclusões. Portanto, nesta pesquisa os passos serão conduzidos da seguinte forma: inicialmente os resultados das teorias são confrontados verificando a coesão do estudo. Em seguida, uma análise da teoria será realizada buscando categorizar a teoria em prática, tecnológica ou tautológica. Posteriormente outros confrontos serão realizados com a finalidade de verificar se a teoria contribuirá cientificamente. Por fim, a teoria poderá ser aceita mediante a aplicabilidade de seus resultados e de suas deduções ou será falseada (POPPER, 2004).

Quanto à natureza da pesquisa esta é classificada como pesquisa básica. Este tipo de pesquisa, segundo o Manual de Frascati (2002), consiste em trabalhos experimentais ou teóricos iniciados principalmente para obter novos conhecimentos

sobre os fundamentos dos fenômenos e fatos observáveis, sem ter em vista qualquer aplicação ou utilização particular. Assim, o principal foco do estudo envolverá a aplicação de KPIs de sustentabilidade com os já existentes em manutenção, além de, apresentar a importância das ferramentas e tecnologias da Indústria 4.0. Para isso, toda a literatura será percorrida buscando pontos e brechas que poderão trazer novidades científicas e técnicas resultando em avanços do conhecimento.

Quanto aos objetivos de pesquisa esta é classificada como descritiva. De acordo com Nassaji (2015) o objetivo da pesquisa descritiva é descrever um fenômeno e suas características. Nassaji (2015) ainda afirma que nesse tipo de pesquisa os dados podem ser coletados qualitativamente, usando frequências, porcentagens, médias ou outras análises estatísticas para determinar as relações. Portanto, nesta pesquisa serão abordados aspectos descritivos, realizando coleta de dados e informações referentes ao tema, podendo verificar questões como: a evolução do tema, quantidade de pesquisas existentes e principais regiões nas quais se localizam as pesquisas. Com essas informações o tema poderá ser aprimorado, buscando alternativas de melhorias.

3.3 Abordagem de pesquisa

A abordagem de pesquisa é classificada em mista, onde esse termo, segundo Bryman (2012), é usado como uma abreviação simples para representar pesquisa que integra pesquisa quantitativa e qualitativa em um único projeto. Creswell (2007) afirma que na pesquisa de dados mistos, os investigadores usam tanto dados quantitativos como qualitativos porque trabalham para oferecer um melhor entendimento de um problema de pesquisa.

A técnica quantitativa é caracterizada pelo uso de lógicas, observações, testes, eventualidades, dentre outros e utiliza como estratégia de análise as coletas de informações, conhecimentos estatísticos e experimentos. Já a técnica qualitativa faz uso de experiências pessoais, dados históricos, relevância social, relatos, confronto de conceitos teóricos com a realidade, objetivando a construção de teorias e padrões com base nas informações coletadas (CRESWELL, 2007).

O modelo de métodos mistos possui muitos pontos positivos. Para Creswell (2007), o pesquisador consegue coletar dois tipos de dados simultaneamente, durante uma única fase de coleta de dados. Portanto, nessa pesquisa os dados qualitativos

são referentes à coleta de informações obtidas por meio dos estudos presentes na literatura. Esses estudos são analisados qualitativamente, verificando se realmente poderão acrescentar cientificamente ao estudo realizado. Depois da análise qualitativa, uma análise quantitativa é realizada, convertendo as informações qualitativas em numéricas, podendo classificar os principais trabalhos envolvendo o objetivo de estudo.

Com isso, esta pesquisa apresenta dados qualitativos e quantitativos para a obtenção de informações sobre a integração de KPIs de sustentabilidade em indicadores de manutenção e a importância das ferramentas disponibilizadas pelo setor da Indústria 4.0.

3.4 Procedimento de pesquisa

Para a realização do procedimento de pesquisa, será utilizado o método de estudo de escopo constituído por cinco estágios, para posterior elaboração de um *framework* teórico. O estudo de escopo, segundo Arksey e O'Malley (2005), é um método dentre muitos que pode ser usado para revisar a literatura. É caracterizado por mapear e fornecer informações da dimensão e a abrangência que a área de interesse representa no meio científico (LEVAC; COLQUHOUN; O'BRIEN, 2010).

Para auxiliar e complementar o método de estudo de escopo no alcance e no mapeamento de dados relevantes para a pesquisa em questão, a ferramenta computacional CiteSpace® e o *Methodi Ordinatio* serão utilizados.

Chen, Ibekwe-Sanjuan e Hou (2010), descrevem o CiteSpace® como um aplicativo Java disponível gratuitamente para visualizar e analisar tendências emergentes e mudanças na literatura científica. O software associa critérios para gerar e visualizar dados, documentos e operações de extrações, resultando em uma ferramenta que visualiza classes de dados de citações (SYNNESTVEDT; CHEN; HOLMES, 2005). Como ferramenta de apoio para a visualização e mapeamento dos dados coletados, o software CiteSpace® será utilizado, na versão 5.7 R1.

De acordo com Pagani, Kovaleski e Resende (2015), o *Methodi Ordinatio* é uma metodologia que emprega uma adaptação do *ProKnow-C* para seleção de publicações e do *InOrdinatio*, que é um índice para classificar por relevância os trabalhos selecionados. Esse índice, segundo Pagani, Kovaleski e Resende (2015), leva em consideração o fator de impacto da revista em que o artigo foi publicado, o

número de citação e o ano de publicação.

Para a execução do *Methodi Ordinatio* serão utilizadas duas ferramentas responsáveis por gerenciar referências: Mendeley® versão 1.19.4 e JabRef® versão 3.3. Segundo Henning e Reichelt (2008), o Mendeley® é um aplicativo de *desktop* gratuito e de plataforma cruzada, o qual extrai automaticamente metadados, textos completos e referências citadas de artigos de pesquisa para minimizar a entrada manual de dados ao configurar um banco de dados local de artigos de pesquisa. Com isso, o Mendeley® neste estudo será o responsável por agrupar o portfólio de estudos coletados em banco de dados. Essa união de arquivos na ferramenta facilitará buscas, e possibilitará que o *Methodi Ordinatio* seja aplicado, pois a sua execução necessita da reunião de dados para uma posterior comparação.

A segunda ferramenta necessária para a execução do *Methodi Ordinatio* é o gerenciador de referências *JabRef*®. Este é um aplicativo gratuito em Java que destaca as características das referências, disponibilizando dados reais e seguros (SIMON et al., 2019). Com o objetivo de facilitar a análise do portfólio de dados alocados no Mendeley®, o *JabRef*® será utilizado nessa pesquisa, convertendo esses dados em formatos que facilitarão as análises sugeridas nas etapas do *Methodi Ordinatio*.

Dessa forma, esta pesquisa utilizará o método de estudo de escopo aliado ao CiteSpace® e ao *Methodi Ordinatio* para coletar conteúdos teóricos de acordo com o tema abordado.

Conforme visto, ambos os métodos objetivam o encontro de estudos relevantes. A ferramenta CiteSpace® utiliza o critério de cocitação e explosões de citações, demonstrando por meio de visualizações de redes, ao longo de um intervalo de tempo de um conjunto de dados, quais os trabalhos mais significativos, enquanto que, o *Methodi Ordinatio* utiliza o fator de impacto para determinar os trabalhos relevantes. A associação dessas duas ferramentas, tem o papel de garantir que todos os trabalhos significativos e relacionados ao tema sejam encontrados, contribuindo com os resultados da pesquisa em questão.

Depois do encontro de dados relevantes, utilizando o CiteSpace® e o *Methodi Ordinatio*, será realizado a construção de um *framework* teórico. Jabareen (2009) define um *framework* como uma rede ou plano de conceitos vinculados que juntos fornecem uma compreensão abrangente de um fenômeno. Ainda segundo Jabareen (2009), o *framework* conceitual é reforçado como uma técnica de teoria

fundamentada, ou tática, que visa gerar, identificar e rastrear os principais conceitos de um fenômeno, que juntos constituem seu *framework* teórico.

Baseado nos conceitos de estudo de escopo, conforme Arksey e O'Malley (2005), Levac, Colquhoun e O'Brien (2010), nas definições do *Methodi Ordinatio*, segundo Pagani, Kovaleski e Resende (2015), e nas definições de *framework*, de acordo com Jabareen (2009), a pesquisa será dividida em seis passos, onde os quatro primeiros se relacionam a execução do estudo de escopo e *Methodi Ordinatio* e os restantes a construção do *framework*.

Arksey e O'Malley (2005) dividem a construção do estudo de escopo em cinco etapas: i) identificar a questão de pesquisa; ii) identificar estudos relevantes; iii) selecionar o estudo; iv) traçar os dados; v) agrupar, resumir e relatar os resultados.

O CiteSpace e o *Methodi Ordinatio* serão associados ao estudo de escopo. O *Methodi Ordinatio* segundo Pagani, Kovaleski e Resende (2015), relacionam o método em nove etapas: i) definição da intenção de pesquisa; ii) pesquisa preliminar exploratória em bancos de dados bibliográficos; iii) definição e combinação de palavras-chave e bases de dados; iv) pesquisa final nas bases de dados; v) procedimentos de filtragem; vi) identificação do fator de impacto, ano de publicação e número de citações; vii) classificação dos documentos usando o InOrdinatio; viii) encontrar os artigos completos; ix) leitura final e análise sistemática dos artigos.

Depois da associação do estudo de escopo e do *Methodi Ordinatio*, o *framework* é construído. Para isso, são necessárias oito fases, conforme é descrito por Jabareen (2009): i) mapear as fontes de dados selecionados; ii) fazer a leitura extensiva e categorização dos dados selecionados; iii) identificar e nomear conceitos; iv) desconstruir e categorizar os conceitos; v) integrar conceitos; vi) fazer uma síntese, e verificar o sentido dos resultados; vii) validar o quadro conceitual; viii) repensar a estrutura conceitual.

Portanto, após analisar as etapas de cada método, estas foram agrupadas, devido as suas características e afinidades, a saber: (1) primeiramente foi realizada uma análise nas etapas do estudo de escopo, do *Methodi Ordinatio* e do *framework*. A partir disso, foi verificado que os métodos possuem etapas em comum, o que permite a união dessas etapas no desenvolvimento da pesquisa. A primeira etapa do estudo de escopo e do *Methodi Ordinatio* correspondem a identificação do objetivo principal da pesquisa. Portanto, estas etapas serão unidas sendo representadas pela seguinte questão de pesquisa: é possível criar um modelo de decisão genérico para

a integração de KPIs de sustentabilidade juntamente com os indicadores de manutenção já existentes, considerando a tendência da Indústria 4.0?

a importância de KPIs de sustentabilidade e indicadores de manutenção utilizando recursos disponibilizados pelo setor da Indústria 4.0?

O próximo passo definido como (2) tem como objetivo encontrar estudos relevantes, unindo a segunda etapa do estudo de escopo com a segunda e terceira do *Methodi Ordinatio*. Nessa etapa será definido em quais bases de dados serão realizadas as buscas. Para a realização da pesquisa foram escolhidas as bases de dados: Web of Science e Scopus, levando em consideração a interface do CiteSpace[®], como será tratado adiante.

Com a escolha das bases de dados, as palavras-chave e o período de buscas serão definidos. Com isso, as palavras-chave definidas para o início das buscas para Indicadores de Sustentabilidade com seus respectivos intervalos de tempo foram: *Sustainable Key Performance Indicators (2005 – 2020)*, *Sustainability KPIs (2003 – 2020)*, *Sustainability performance Indicators (2005 – 2020)*, considerando a coleta de dados nas duas bases: WoS e Scopus. Para os Indicadores de Manutenção as palavras-chave foram: *Maintenance Key Performance Indicators (2008 – 2019)*, *Maintenance KPIs (2010 – 2018)*, *Maintenance Performance Indicators (1985 – 2020)*, considerando os dados obtidos por meio da coleta nas duas bases de dados: WoS e Scopus. Essas palavras-chave foram escolhidas, pois, no decorrer das buscas foram encontrados muitos trabalhos com disparidade de assuntos e, essas combinações trouxeram melhores resultados. Com isso, o passo (3) é realizado com a análise dos dados utilizando a ferramenta CiteSpace[®].

Depois das análises dos dados na ferramenta CiteSpace[®], o passo (4) será iniciado unindo o terceiro passo do estudo de escopo com o quarto e quinto do *Methodi Ordinatio*. Os estudos serão selecionados e, para isso, o *Methodi Ordinatio* sugere que seja utilizada uma ferramenta de gerenciamento de referência. Nesse caso será utilizada a ferramenta Mendeley[®]. Conforme foi descrito no passo (2), os dados serão coletados e reunidos na ferramenta de gerenciamento de referências, resultando em um portfólio de dados que deve ser analisado quanto a presença de duplicatas e de trabalhos que não condizem com o tema estudado. Depois dessa análise, será utilizada a ferramenta JabRef[®], que terá a função de converter o portfólio de documentos presentes no Mendeley[®], em um formato mais simples, possibilitando a execução da etapa (5).

O passo (5) será apresentado pela união do quarto passo do estudo de escopo com o sexto e sétimo do *Methodi Ordinatio*. A principal função deste passo é rastrear os dados, e para isso, é coletado de cada trabalho o fator de impacto, o número de citações e o ano de publicação. Com essas informações coletadas, os documentos são classificados usando o método *InOrdinatio*, conforme descreve Pagani, Kovaleski e Resende (2015), representado pela Equação (7):

$$InOrdinatio = \left(\frac{Fi}{1000} \right) + \alpha * [10 - (ResearchYear - PublishYear)] + (\Sigma Ci) \quad (7)$$

Onde, *Fi* é o fator de impacto, *ResearchYear* é o ano em que a pesquisa foi desenvolvida, *PublishYear* é o ano em que a pesquisa foi publicada, *Ci* é o número de vezes que a pesquisa foi citada e α é um valor que varia de 1 a 10 atribuído pelo autor (PAGANI; KOVALESKI; RESENDE, 2015).

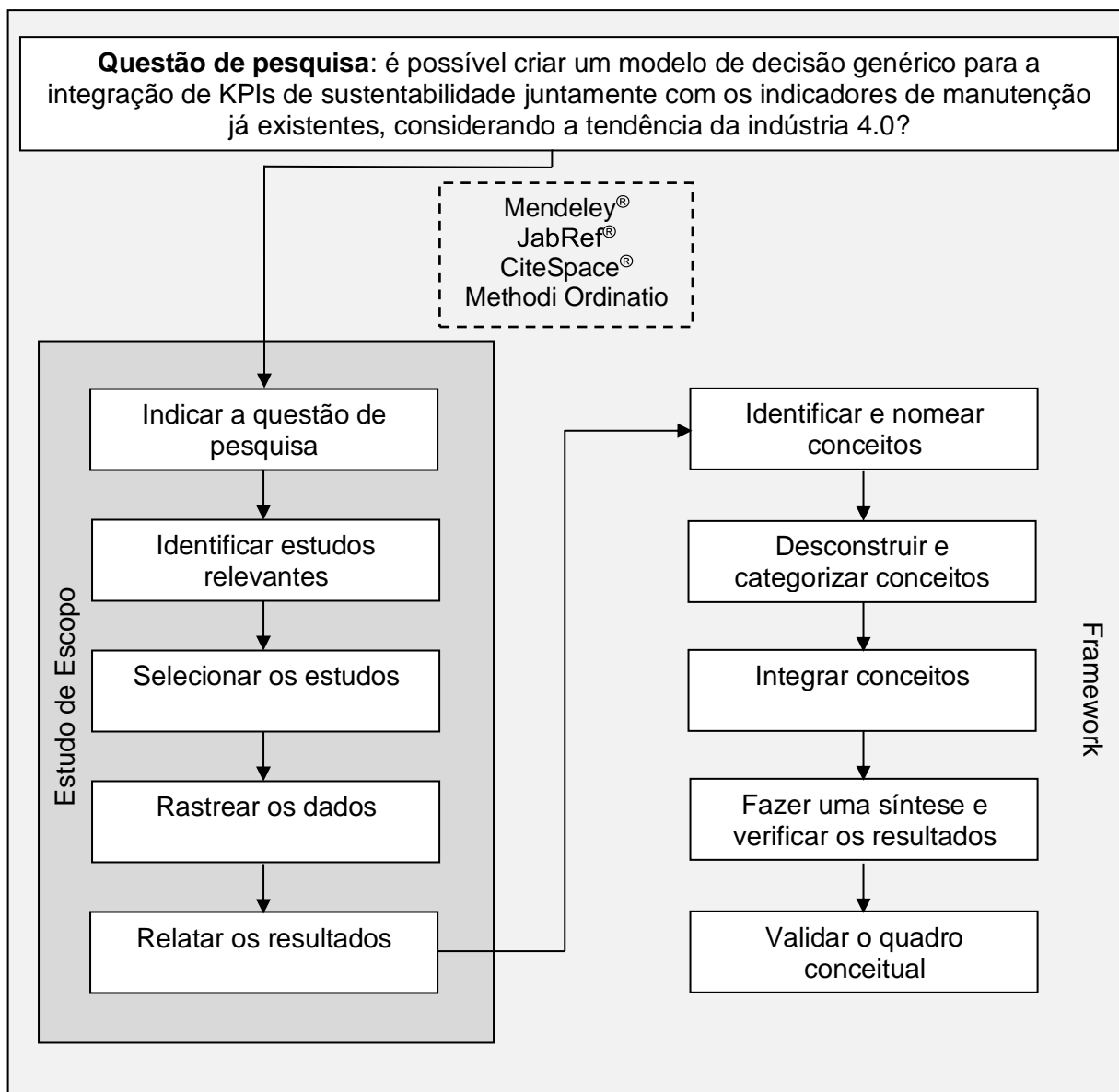
Depois da execução da Equação (7), é encontrado o valor do *InOrdinatio* de cada trabalho. A partir desses resultados, de acordo com Pagani, Kovaleski e Resende (2015), é possível classificar os artigos de acordo com sua relevância científica: quanto maior o valor do *InOrdinatio*, mais relevante é o artigo para o portfólio. Ao final dessa classificação, poderão ser escolhidos os trabalhos para análise completa, leitura e categorização, que corresponde ao passo (6) da pesquisa e relacionam a etapa cinco do estudo de escopo, às etapas oito e nove do *Methodi Ordinatio* e a segunda etapa do *framework*.

Com as informações disponibilizadas pelo método de estudo de escopo com o *Methodi Ordinatio* e os dados encontrados por meio do CiteSpace®, o passo (7) será representado pela execução do *framework teórico*, mapeando os dados, representando a primeira etapa do *framework*. Nesse mapeamento estará caracterizado: onde estão e quais são as principais áreas de pesquisa, além de, apresentar quais as referências possuem citações mais expressivas.

A segunda etapa do *framework* será realizada juntamente a etapa (6) da pesquisa. Portanto, após a análise dos trabalhos e sua categorização, a terceira etapa é realizada, dando sequência ao passo (7), identificando e nomeando os conceitos encontrados na etapa anterior. Posteriormente, a quarta etapa é executada desconstruindo os conceitos, seguido da quinta etapa referente a integração de novos conceitos encontrados, verificando o sentido dos mesmos referente a sexta etapa. Por fim, uma validação do quadro conceitual é realizada. Desse modo, o procedimento

para a realização da pesquisa, descrito anteriormente, pode ser visualizado a partir da Figura 11.

Figura 11 - Etapas para realização da pesquisa



Fonte: dados da pesquisa

3.5 Considerações Finais

Os passos para o mapeamento da literatura foram explicitados neste capítulo para a construção do *framework* teórico. Verificou-se ao longo do estudo que alguns passos

dos métodos utilizados (estudo de escopo, *Methodi Ordinatio* e *framework*) coincidem, por isso, todos os passos equivalentes foram unificados.

Também, foram definidas as bases a serem utilizadas ao longo da pesquisa. A escolha pelas bases Web Of Science e Scopus, foram definidas considerando a interface do CiteSpace®.

As combinações das palavras-chave e o período de buscas também foram definidos, considerando os melhores resultados de pesquisa obtidos. Depois dessas definições, as ferramentas CiteSpace® *Methodi Ordinatio*, foram utilizadas, percorrendo toda a literatura, buscando os trabalhos mais significativos, segundo o tema de interesse.

CAPÍTULO 4

CONSTRUÇÃO DO *FRAMEWORK*

4.1. Considerações Iniciais

Este capítulo tem o objetivo de apresentar o início do raciocínio para a construção do *framework*, conforme a estruturação proposta no capítulo 3. Dessa forma, o capítulo está dividido da seguinte forma: a seção 4.1 apresenta as considerações iniciais, na seção 4.2 são apresentados os passos iniciais para a construção do *framework* – leitura extensiva e categorização dos dados selecionados, na seção 4.3 a reunião dos conceitos encontrados para KPIs de Sustentabilidade e Manutenção, na seção 4.4 as tecnologias afins a indústria 4.0 para a manutenção e sustentabilidade, na seção 4.5 a síntese e verificação dos resultados, na seção 4.6 as considerações finais.

4.2. Passos iniciais para a construção do *Framework* – Leitura extensiva e categorização dos dados selecionados

Os resultados alcançados por meio da utilização do software CiteSpace[®] (capítulo 2) e do *Methodi Ordinatio* (capítulo 2), possibilitaram encontrar trabalhos que discorrem sobre temas relacionados aos KPIs de Sustentabilidade e Manutenção, e que serão utilizados para a construção do *framework*.

Conforme visto no Capítulo 2, os KPIs são considerados como um instrumento que tem o papel de auxiliar o processo de gerenciamento organizacional, por meio de informações atualizadas do sistema, contribuindo com a tomada de decisões

(PARMENTER, 2015). Ressalta-se a sua importância em ambientes organizacionais.

Na Figura 12 são expostos os primeiros passos realizados para a construção do *framework*, iniciando com a definição da questão de pesquisa, identificação de estudos relevantes (utilizando o software CiteSpace® e o *Methodi Ordinatio*), e a seleção de estudos, por meio de análises nos trabalhos coletados.

Figura 12 - Desenvolvimento inicial do processo para a construção do framework

Questão da pesquisa: é possível criar um modelo de decisão genérico para a integração de KPIs de sustentabilidade juntamente com os indicadores de manutenção já existentes, considerando a tendência da indústria 4.0		
Passos	Desenvolvimento	Análise Realizada
1	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> Identificação de estudos relevantes: </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 45%;"> <p style="text-align: center; margin: 0;">Sustentabilidade</p> <ul style="list-style-type: none"> - Amrina, Ramadhani e Vilsa (2016); - Asif e Searcy (2013); - Azapagic (2004); - De Villiers, Rouse e Kerr (2016); - Joung et al. (2013); - Ness et al. (2007); - Searcy, Karapetrovic e McCartney (2005); - Seuring (2013); - Singh et al. (2009). </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: 45%;"> <p style="text-align: center; margin: 0;">Manutenção</p> <ul style="list-style-type: none"> - Alsayouf (2009); - Atkinson, Waterhouse e Wells (1997); - Campbell, Reyes-Picknell e Kim (2015); - Cross (1988); - Kaplan e Norton (2005); - Kumar et al. (2013); - Kutucuoglu et al. (2001); - Neely, Gregory e Platts (2005); - Parida e Kumar (2006); - Weber e Thomas (2005). </div> </div>	<p>Os estudos apontados neste passo foram coletados e analisados utilizando o software de análise de tendências por meio do critério de citações, CiteSpace®, como demonstrado no capítulo 2.</p>

2	<p style="text-align: center;">Identificação de estudos relevantes:</p> <pre> graph TD A[Identificação de estudos relevantes:] --> B[Sustentabilidade] A --> C[Manutenção] </pre> <p>Sustentabilidade</p> <ul style="list-style-type: none"> - Adams e Frost (2008); - Lamberton (2005); - Bai e Sarkis (2014); - Moscardo (2008); - Lutzkendorf et al. (2005); - Kamali e Hewage (2017); - Shadram et al. (2016); - Garcia-Muiña et al. (2018); - Bourlakis et al. (2014); - Kamali, Hewage e Milani (2018). <p>Manutenção</p> <ul style="list-style-type: none"> - Parida e Kumar (2006); - Tsang, Jardine e Kolodny (1999); - Van Horenbeek e Pintelon (2014); - Parida et al. (2015); - Komonen (2002); - Da Silva et al. (2020); - Alla, Hall e Apel (2020); - Ku e Kim (2019); - Riantini et al. (2020); - Chua et al. (2018). 	<p>Os estudos apontados neste passo, foram coletados e analisados utilizando o <i>Methodi Ordinatio</i>, como demonstrado no capítulo 2.</p>
3	<p style="text-align: center;">Seleção de Estudos</p> <pre> graph TD A[Seleção de Estudos] --> B[Estudos excluídos da análise] B --> C[Sustentabilidade] B --> D[Manutenção] </pre> <p>Sustentabilidade</p> <ul style="list-style-type: none"> - Asif e Searcy (2013); - Seuring (2013). <p>Manutenção</p> <ul style="list-style-type: none"> - Riantini et al. (2020); - Alla, Hall e Apel (2020). 	<p>Os estudos foram analisados integralmente e, ao longo dessa análise foi possível a identificação dos trabalhos que discorriam sobre a área de interesse desta pesquisa. Logo, esta etapa aponta os estudos que foram excluídos da análise, os demais foram utilizados no desenvolvimento do trabalho.</p>

Fonte: dados da pesquisa

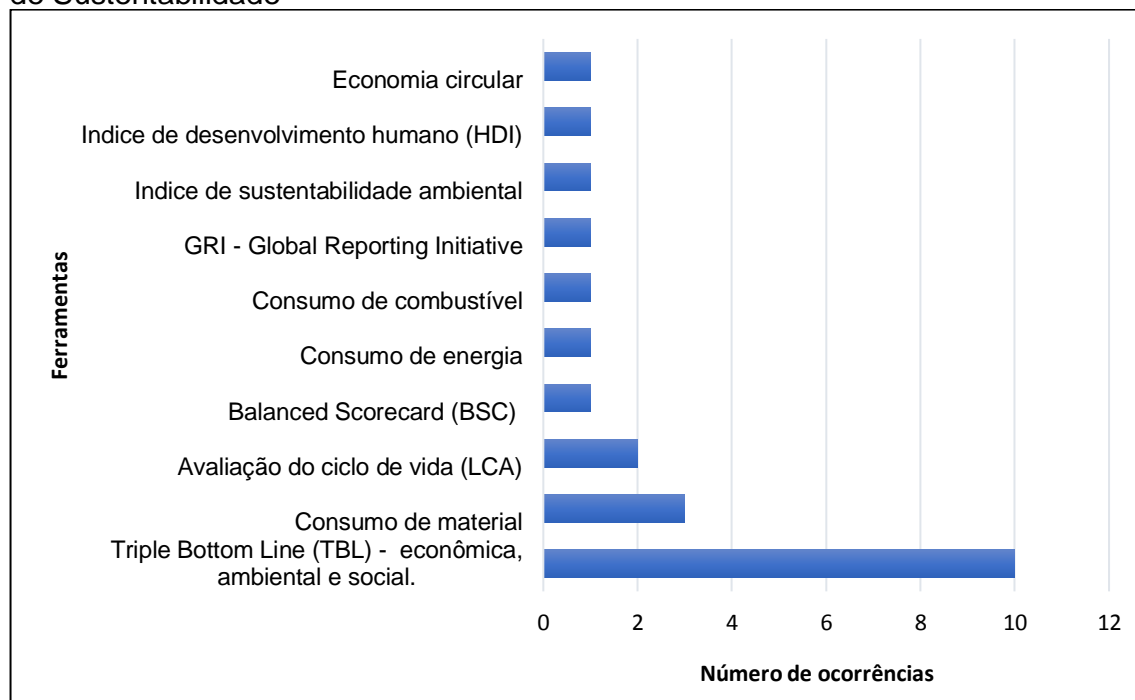
Com o alcance da seleção dos estudos, foi realizado uma leitura extensiva, identificando e categorizando as ferramentas encontradas. A Figura 13 e a Figura 15, apresentam as ferramentas encontradas nos trabalhos analisados para KPIs de Sustentabilidade e Manutenção, respectivamente. Já a Figura 14 e a Figura 16 exibem os gráficos com o número de ocorrências das ferramentas.

Figura 13 - Identificação de ferramentas nos trabalhos analisados para KPIs de Sustentabilidade

Passo	Desenvolvimento	Análise Realizada
4	<p style="text-align: center;">Identificação de ferramentas</p> <p style="text-align: center;">↓</p> <ul style="list-style-type: none"> • Balanced Scorecard (BSC); • <i>Global Reporting Initiative</i> (GRI); • Tripé da Sustentabilidade (<i>Triple Bottom Line</i> - TBL); • Consumo de energia; • Consumo de material; • Consumo de combustível; • Custo do ciclo de vida (<i>Life Cycle Assessment</i> - LCA); • Índice de sustentabilidade ambiental; • Índice de desenvolvimento humano (Human Development Index - HDI); • Economia circular. 	Identificação das ferramentas utilizadas nos trabalhos coletados, para a medição e acompanhamento da sustentabilidade.

Fonte: dados da pesquisa

Figura 14 - Gráfico das ferramentas expostas nos trabalhos que relacionam os KPIs de Sustentabilidade



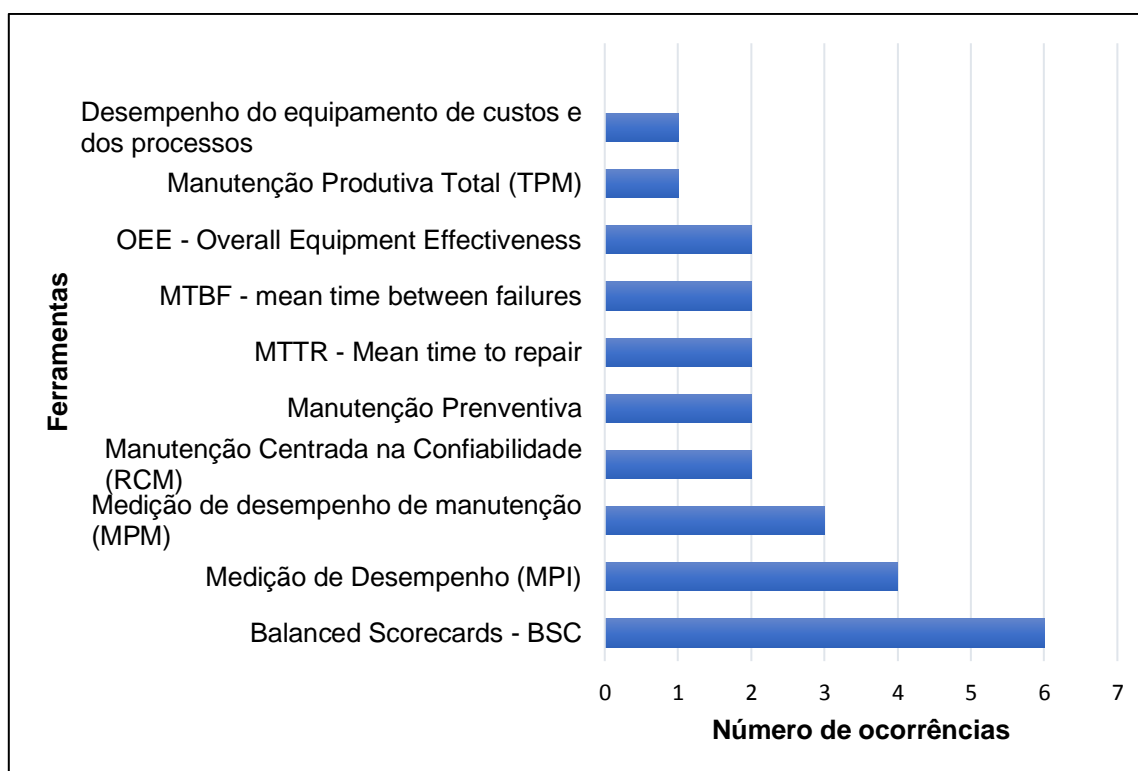
Fonte: dados da pesquisa

Figura 15 - Identificação de ferramentas nos trabalhos analisados para KPIs de Manutenção

Passo	Desenvolvimento	Análise Realizada
4	<div style="text-align: center; border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> Identificação de ferramentas </div> <div style="text-align: center; margin-bottom: 10px;">↓</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px;"> <ul style="list-style-type: none"> • Manutenção Produtiva Total (<i>Total Productive Maintenance – TPM</i>); • Manutenção Centrada na Confiabilidade (<i>Reliability Centered Maintenance - RCM</i>); • Balanced Scorecard (BSC); • Medição de desempenho de manutenção (<i>Maintenance Performance Measurement - MPM</i>); • Indicadores de desempenho de manutenção (<i>Maintenance performance indicators - MPI</i>); • Manutenção Preventiva (<i>Preventive Maintenance – PM</i>); • Desempenho do equipamento de custos e dos processos; • Tempo médio para reparo (<i>Mean Time To Repair - MTTR</i>); • Período médio entre falhas (<i>Mean Time Between Failures - MTBF</i>); • Eficácia geral do equipamento (<i>Overall Equipment Effectiveness - OEE</i>). </div>	<p>Identificação das ferramentas utilizadas nos trabalhos coletados, para a medição e acompanhamento da manutenção.</p>

Fonte: dados da pesquisa

Figura 16 - Gráfico das ferramentas que relacionam aos KPIs de Manutenção expostas nos trabalhos



Fonte: dados da pesquisa

4.3. Reunião dos conceitos encontrados para KPIs de Sustentabilidade e Manutenção

Esta etapa tem como objetivo, realizar a reunião dos conceitos das ferramentas encontradas para KPIs de Sustentabilidade e KPIs de Manutenção, apresentando as principais funcionalidades de cada ferramenta. Os Quadros 4 e 5 apresentam a reunião dessas informações.

Quadro 4 - Reunião dos conceitos encontrados para KPIs de Sustentabilidade

Ferramentas	Reunião de conceitos e categorização
<i>Balanced Scorecard (BSC)</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Quatro dimensões (financeira, cliente, operacional e desenvolvimento de pessoas) (KAPLAN; NORTON, 1997; KAPLAN; NORTON, 2006). - Etapas para a execução: definição de estratégias,

	execução, construção de planos de ação e fiscalização contínua (FIGGE et al., 2002; TSANG 1998).
<i>Triple Bottom Line</i> (TBL)	- Três pilares: Econômico, Social e Ambiental (NORMAN; MACDONALD, 2004; GUTHRIE; FARNETI, 2008; MITCHELL; CURTIS; DAVIDSON, 2007; GRI, 2005; AMRINA; VILSI, 2015; NIKOLAOU; EVANGELINOS; ALLAN, 2013).
Avaliação do ciclo de vida (LCA)	- Tomada de decisão (NESS et al., 2007); - Qualidade do ar, água e solo; fragilidades sociais e desafios ambientais (CENTER FOR INTERNATIONAL EARTH SCIENCE INFORMATION NETWORK, 2002).
Índice de Desenvolvimento Humano (HDI)	- Longevidade, informação e padrão de vida (NESS et al., 2007; UNDP, 2004).
Economia circular	- Utilização total da matéria-prima, transformação de resíduos (GARCIA-MUIÑA et al., 2018).

Fonte: dados da pesquisa

Quadro 5 - Reunião dos conceitos encontrados para KPIs de Manutenção

Ferramentas	Reunião de conceitos e categorização
TPM - Manutenção Produtiva Total	<ul style="list-style-type: none"> - Abordagem baseada em equipe (CAMPBELL; REYES-PICKNELL; KIM, 2015); - Melhoria da eficácia dos equipamentos, análise de perdas de tempo, inatividade, perdas de velocidade, defeitos ou perdas de qualidade e eliminação de acidentes (ALMEANAZEL, 2010); - Trabalho preventivo (ALMEANAZEL, 2010; AHUJA; KHAMBA, 2008); - Eficiência econômica, manutenção preventiva, participação de todos (AHUJA; KHAMBA, 2008); - Disponibilidade, taxa de desempenho, taxa de qualidade (WAKJIRA; SINGH, 2012);
	- Funções dos ativos, indicativos de falhas, consequências

RCM - Manutenção Centrada na Confiabilidade	<p>das falhas, medidas de prevenção (MOUBRAY, 1997);</p> <ul style="list-style-type: none"> - Manutenção Preventiva, Preditiva, Monitoramento em Tempo Real (AFEFY et al., 2019); - Redução do custo do ciclo de vida da instalação (HOSEINIE; KUMAR; GHODRATI, 2016); - MTBF e MTTR (CAMPBELL; REYES-PICKNELL; KIM, 2015; AFEFY et al., 2019).
MPM - Medição de desempenho de manutenção	<ul style="list-style-type: none"> - Acompanhamento das questões de segurança e do meio ambiente (PARIDA; CHATTOPADHYAY, 2007); - Indicadores de Desempenho de Manutenção; - Identificação das fraquezas; - Desempenho dos equipamentos e custos da manutenção; - Manutenção Preventiva. <p style="text-align: right;">(MUCHIRI et al., 2011)</p>

Fonte: dados da pesquisa

4.4. Tecnologias afins a Indústria 4.0

As tecnologias afins a Indústria 4.0 segundo Erboz (2017) têm um papel significativo na transformação de empresas tradicionais em Fábricas Inteligentes, com o auxílio da Internet das Coisas (*Internet of Things* - IoT) e dos Sistemas Físicos Cibernéticos (*Cyber Physical Systems* - CPS). Essas tecnologias potencializam o processo de gerenciamento dos sistemas, tornando-os independentes e contribuindo com as decisões estratégicas (UNGUREAN; GAITAN; GAITAN, 2014).

Estudos como de Vaidya, Ambad e Bhosle (2018); Jones, Zarzycki e Murray (2018) descrevem a Indústria 4.0 como a associação de nove pilares, considerados pilares do avanço tecnológico. Esses pilares são os seguintes: Big Data, Robôs Autônomos, Simulação, Integração Vertical e Horizontal, Internet das Coisas, Nuvem, Manufatura Aditiva, Realidade Aumentada e Segurança Cibernética.

Do ponto de vista da aplicação das ferramentas da Indústria 4.0, a gestão da manutenção, segundo Mosyurchak et al. (2017), é um dos primeiros elementos industriais considerados, por proporcionar benefícios econômicos e técnicos. A Indústria 4.0 também

preza pela coparticipação entre a programação da produção e a manutenção, permitindo a efetiva execução das atividades e o alcance de sistemas produtivos e econômicos (RØDSETH; SCHJØLBERG; MARHAUG, 2017).

A adoção das ferramentas da Indústria 4.0 designa uma mudança de comportamento, passando de uma manutenção periódica para políticas de manutenção preditiva e proativa, voltadas para a previsão e prevenção de falhas (MOSYURCHAK et al., 2017). Esta perspectiva, possibilita a introdução de ferramentas fundamentadas nas Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs), considerando o realinhamento das atividades segundo as mudanças impostas no ambiente operacional e do mercado (LÓPEZ et al., 2018).

Com o surgimento da Indústria 4.0 e a IoT há uma evolução no monitoramento dos processos organizacionais, por meio da utilização de sensores que auxiliam no processo decisório (ENGEL; ETZION; FELDMAN, 2012). De acordo com Bousdekis et al. (2021), as técnicas de monitoramento e inspeções evoluíram de uma análise manual de conjunto de dados para sensores de alta frequência gerando *big data* em tempo real em vários parâmetros, como vibração, temperatura e termografia.

Dentro dos processos industriais os sensores tem o papel de integrar os sistemas, promovendo a melhoria na qualidade dos produtos, redução dos custos, aumento do nível de segurança e redução de erros humanos (JAVAID et al., 2021). Os mesmos autores apontam que os sensores possibilitam o acompanhamento dos processos de forma confiável e remota, desde o movimento até as mudanças de temperatura e sinais elétricos.

No trabalho de Javaid et al. (2021) é apresentada uma classificação de sensores associados as ferramentas da Indústria 4.0 e aplicados ao ramo industrial. Dentre eles estão: sensores de pressão, temperatura, proximidade, umidade, força, fluxo, gás, falhas, cor e luz. Eles atuam ligando maquinários, sistemas e mecanismos, permitindo a conexão entre informação e o rastreamento dos ativos presentes na instalação (JAVAID et al., 2021).

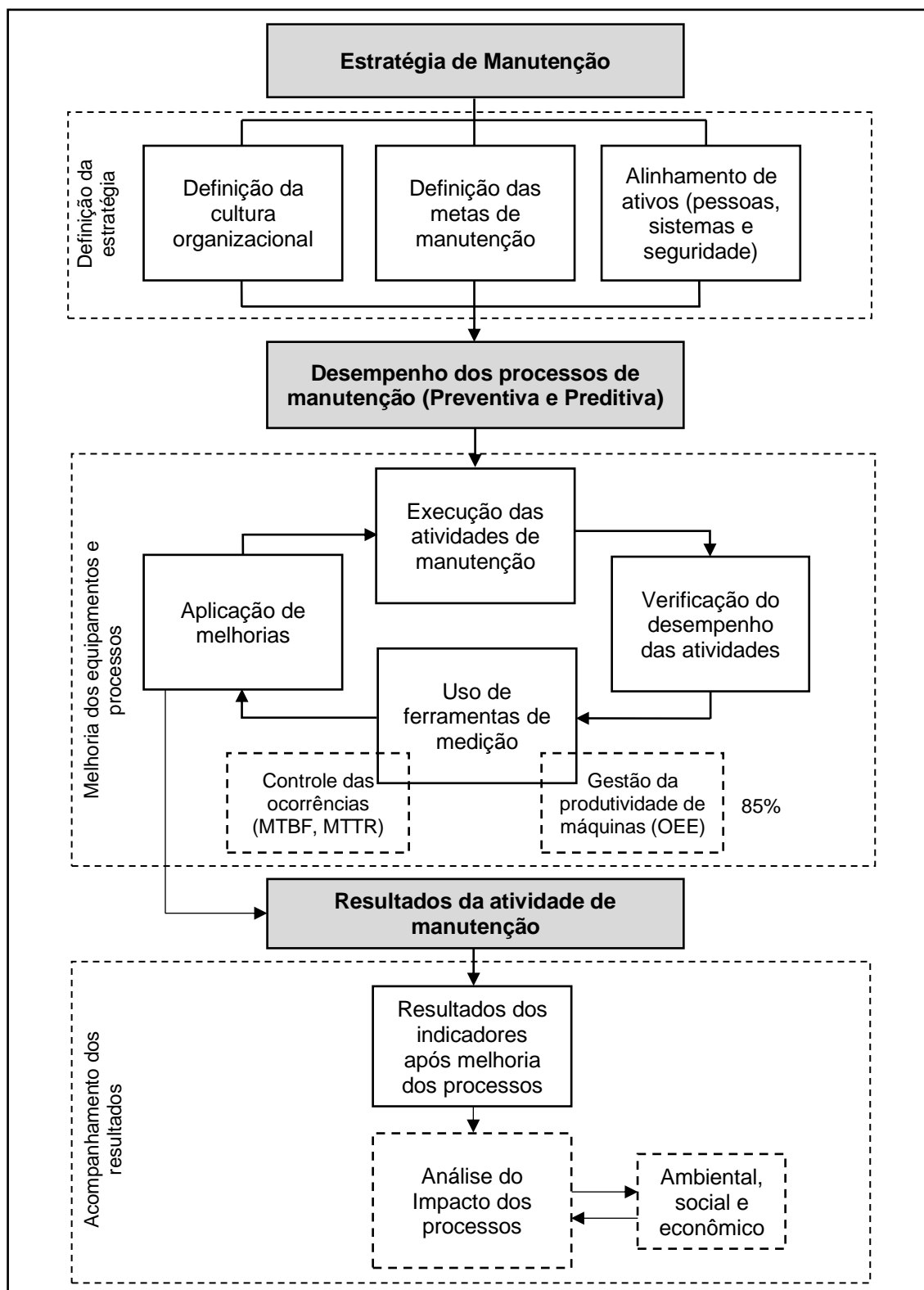
Além do interesse voltado para o uso das tecnologias e obtenção do resultado operacional, as ferramentas afins a Indústria 4.0 são vistas sob duas perspectivas. A primeira relaciona o seu uso com benefícios econômicos, garantindo a eficiência dos processos; ambiental, assegurando o uso eficiente dos recursos e social permitindo a seguridade dos processos, enquanto que, a segunda perspectiva traz preocupações quanto aos custos, aumento da utilização de insumos e problemas sociais como a interação homem-máquina e o desemprego (EJSMONT; GLADYSZ; KLUCZEK, 2020).

Trabalhos como de Ejsmont, Gladysz e Kluczek (2020) e de Adamik e Nowicki (2018) apontam que as ferramentas da Indústria 4.0 trazem mudanças no cenário industrial e que se bem geridas, auxiliam na organização de todos os processos de manufatura e serviços, oportunizando a sustentabilidade dos sistemas. Ejsmont, Gladysz e Kluczek (2020) dissertam que as tecnologias associadas com os recursos e habilidades em termos de benefícios de sustentabilidade podem proporcionar o impacto zero, menor custo e equidade social.

4.5. Fazer uma síntese e verificar o sentido dos resultados

Esta etapa apresenta o ordenamento dos conceitos das ferramentas analisadas, considerando a organização e sequência na atribuição das tarefas do *framework* proposto, apresentado na Figura 17. No capítulo 5 há a discussão das partes que compõem o *framework*.

Figura 17 – Framework proposto



Fonte: dados da pesquisa

4.6. Considerações Finais

Neste capítulo foi construído o modelo de implementação da manutenção sob a ótica sustentável com o auxílio de ferramentas da Indústria 4.0. Para esta construção, foi necessária a execução das seguintes etapas:

- i. Leitura extensiva e categorização dos dados selecionados - esta etapa teve como direcionador o software de análise de tendências utilizando o critério de citações, CiteSpace® e o *Methodi Ordinatio*. Os dados coletados e analisados são apresentados no capítulo 2, fornecendo um grupo de trabalhos, para posterior utilização na construção do *framework* proposto. Para a identificação do conteúdo dos trabalhos considerando as similaridades de assuntos com a pesquisa proposta, todos foram verificados por meio de uma leitura extensiva. Essa leitura oportunizou a categorização dos dados, coletando as ferramentas utilizadas e direcionadas aos KPIs de Sustentabilidade e de Manutenção.
- ii. Identificação, nomeação e integração dos conceitos – etapa realizada na seção 2.8.2, e que objetiva a compreensão de cada ferramenta apontada nos trabalhos coletados.
- iii. Reunião dos conceitos encontrados para KPIs de Sustentabilidade e Manutenção – nesta etapa os principais conceitos apresentados na etapa de Identificação, nomeação e integração dos conceitos, foram reunidos. Essa reunião tem a meta de direcionar as informações referentes as ferramentas coletadas, com suas principais aplicações e funcionalidades. Facilitando a coleta de informações e referências.
- iv. Tecnologias afins a Indústria 4.0 – esta etapa objetiva identificar as ferramentas que têm o papel de auxiliar a gestão da produção dentro da atividade de manutenção. Essas ferramentas são introduzidas dentro dos processos com o auxílio da Internet das Coisas e dos Sistemas Físicos Cibernéticos. Foi apontando por meio de estudos literários na seção 4.4, alguns sensores que podem ser utilizados no ambiente industrial, para auxiliar no processo de gestão das

atividades, sendo os seguintes: sensores de pressão, temperatura, proximidade, umidade, força, fluxo, gás, falhas, cor e luz.

- v. Síntese e verificação do sentido dos resultados – nesta etapa ocorre a integração e a visualização de todas as etapas anteriores. A visualização foi construída de forma ordenada, segundo os conceitos das ferramentas estudadas, considerando a sequência na atribuição das tarefas.

CAPÍTULO 5

DISCUSSÕES DO *FRAMEWORK*

5.1. Considerações Iniciais

Este capítulo tem o objetivo de apresentar as discussões do *framework*, segundo a estrutura construída no capítulo 4. Dessa maneira, o capítulo está dividido conforme demonstrado a seguir: na seção 5.2 é apresentado os principais elementos para a construção do *framework*, na seção 5.3 a elaboração e definição da estratégia de manutenção, na seção 5.4 o desempenho dos equipamentos e processos de manutenção, na seção 5.5 o acompanhamento dos resultados, seção 5.6 a comparação da dissertação com trabalhos que analisaram KPIs de Sustentabilidade e KPIs de Manutenção e seção 5.7, considerações finais.

5.2. Principais elementos para a construção do *framework*

A reunião dos conceitos das ferramentas encontradas possibilitou a realização de uma análise comparativa. Todas as ferramentas voltadas para a atividade de manutenção têm um foco inicial no desenvolvimento da estratégia, melhoria do desempenho dos equipamentos e processos, e acompanhamento dos resultados:

i. Desenvolvimento da estratégia:

- BSC: traduz a missão e define a estratégia da empresa (KAPLAN; NORTON, 1997; KAPLAN; NORTON, 2006);
- TPM: abordagem baseada em equipe, participação de todos (REYES-PICKNELL; KIM 2015; AHUJA, KHAMBA, 2008);
- RCM: detalhamento das funções de ativos pessoas, sistemas e cultura (MOUBRAY, 1997);
- MPM: acompanhamento das questões de segurança e do meio ambiente (PARIDA; CHATTOPADHYAY, 2007);

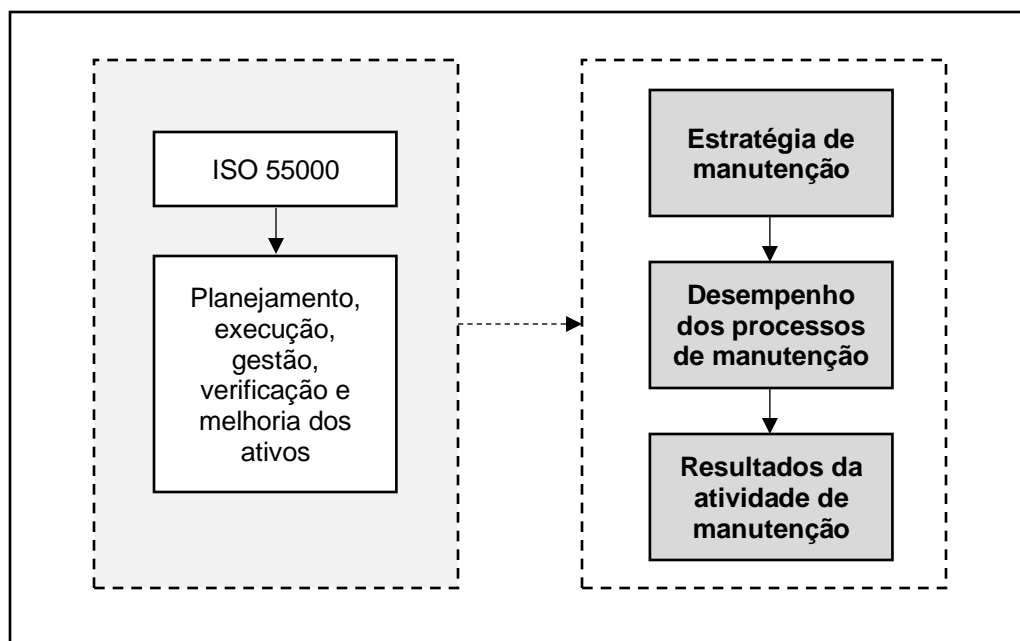
ii. Melhoria dos equipamentos e processos:

- BSC: utiliza quatro dimensões para análise e melhoria dos processos: financeira, cliente, operacional e desenvolvimento de pessoas (KAPLAN; NORTON, 1997; KAPLAN; NORTON, 2006);
- TPM: atua de forma preventivista, acompanhando a eficácia geral dos equipamentos (OEE), análise de perdas de tempo, inatividade, perdas de velocidade, defeitos ou perdas de qualidade, eliminação de acidentes, disponibilidade, taxa de desempenho e taxa de qualidade (ALMEANAZEL, 2010; WAKJIRA; SINGH, 2012);
- RCM: utiliza a Manutenção Preventiva (PM), Preditiva (PdM) e o monitoramento em Tempo Real, redução do custo do ciclo de vida (LCC) da instalação, Tempo Médio entre Falhas (MTBF) e Tempo Médio de Reparos (MTTR) (HOSEINIE; KUMAR; GHODRATI, 2016; CAMPBELL; REYES-PICKNELL; KIM, 2015; AFEFY et al., 2019).
- MPM: utiliza a manutenção preventiva, indicadores de desempenho de manutenção (MPI); verificação do desempenho dos equipamentos e custos da manutenção (MUCHIRI et al., 2011).

iii. Acompanhamento dos resultados:

- Ambas ferramentas (BSC, TPM, RCM e MPM) realizam o acompanhamento dos resultados, o que permite aos gestores uma atuação precisa na tomada de decisão. (FIGGE et al., 2002; TSANG 1998; ALMEANAZEL, 2010; AHUJA; KHAMBA, 2008; CAMPBELL; REYES-PICKNELL; KIM, 2015; AFEFY et al., 2019; MUCHIRI et al., 2011). As etapas descritas podem ser visualizadas na Figura 18.

Figura 18 - Reunião de etapas para a realização das atividades de manutenção



Fonte: dados da pesquisa

Para a organização destas três etapas, é utilizado como diretriz a série da ABNT NBR ISO 55000:2014, que se trata da gestão de ativos. A norma estabelece melhorias no desempenho financeiro, na tomada de decisão, na imagem da organização, no controle de riscos, na sustentabilidade e responsabilidade social, dentre outros (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014).

Esse processo de melhoria ocorre com a adoção do plano estratégico de gestão de ativos, que é dividido em três abordagens: estratégia (identificando a situação atual do sistema), ciclo de vida (especificando a situação das instalações e maquinários) e indicadores (medição dos sistemas) (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014).

A ABNT NBR ISO 55000:2014 estabelece alguns critérios para a gestão de ativos, sendo os seguintes: valor, alinhamento, liderança e garantia. O valor é avaliado considerando as oportunidades que o ativo pode propiciar para a organização, e para isto o objetivo dos ativos e da sua gestão devem ser claros. O alinhamento considera a integração dos objetivos da organização (técnico, financeiro e operacional), visando o alcance das metas organizacionais. A liderança, assegura o envolvimento de todos e a garantia na gestão de ativos, afirma que os ativos desempenharão com suas funções estabelecidas, desde que haja a implementação da gestão de ativos considerando o

desempenho dos ativos, a capacidade do ciclo de vida, a adoção de melhoria contínua e o fornecimento de insumos necessários e aptidão de pessoal (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014).

5.3. Elaboração e definição da estratégia de manutenção

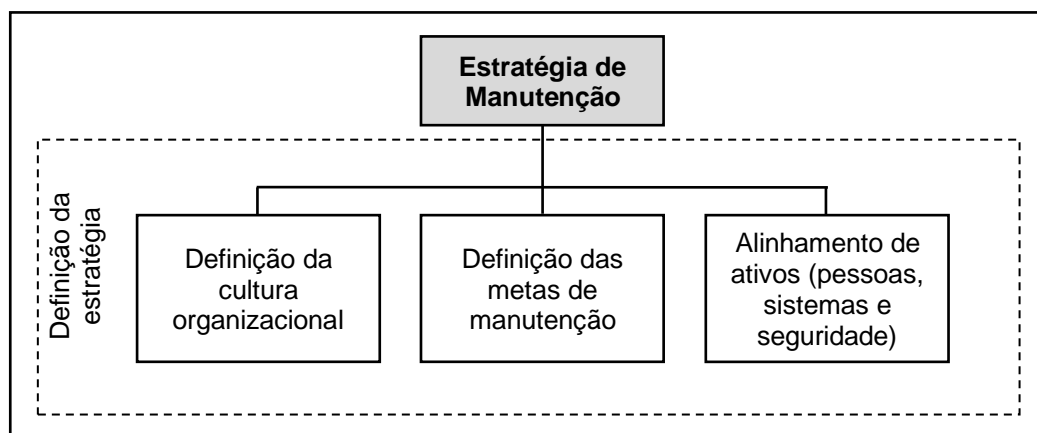
A estratégia é vista como parte vital para a elaboração do planejamento de atividades. É neste ponto que são definidas a cultura da empresa, as metas e os objetivos a serem alcançados, dentre eles os objetivos financeiros (KAPLAN; NORTON, 1997).

A estratégia de manutenção é vista na atualidade como uma ferramenta que assegura o desempenho integral da organização. Desde o desempenho dos equipamentos ao alcance dos objetivos organizacionais, garantindo processos seguros, custos e produtividade ideais, tendo uma perspectiva de curto, médio e longo prazo (VELMURUGAN; DHINGRA, 2015).

Outras funções da estratégia de manutenção são discutidas no trabalho de Odeyale, Alamu e Odeyale (2013), que apontam que a estratégia considerando as atividades de manutenção, é responsável pela coordenação, controle, planejamento, execução e monitoramento das atividades corretas de manutenção de equipamentos nas operações de fabricação e instalação. Além da estratégia voltada para os valores criados, a manutenção também é vista como aliada à seguridade dos processos e as condições do meio ambiente (PARIDA; CHATTOPADHYAY, 2007).

Dentro deste contexto e diante do levantamento realizado na seção 5.2, a Figura 19 exibe os fatores considerados para a elaboração da estratégia de manutenção.

Figura 19 - Elaboração da estratégia de manutenção



Fonte: dados da pesquisa

Para este trabalho, a estratégia de manutenção engloba a definição da cultura organizacional, que direciona a definição das metas de manutenção e o alinhamento de ativos.

Uma das semelhanças encontradas ao longo das análises das ferramentas, apontam para o envolvimento integral dos ativos. Esse envolvimento deve ser parte essencial da cultura de uma empresa. Os resultados alcançados em organizações que atuam sem esse envolvimento são insatisfatórios, podendo comprometer a estabilidade dos sistemas (TSANG; JARDINE; KOLODNY, 1995).

Trabalhos como de Campbell, Reyes-Picknell e Kim (2015), demonstram a importância do envolvimento de ativos, contribuindo inclusive para o sucesso da organização, que opera garantindo o envolvimento pleno dos integrantes sob objetivos em comum. A cultura deve ser estabelecida e deve ser de conhecimento e entendimento coletivo, garantindo uma implementação efetiva.

O segundo critério apresentado na definição estratégica para este modelo, é a definição das metas, que estabelece quais os resultados que a empresa pretende alcançar do ponto de vista da atividade de manutenção. No trabalho de Tsang (1998) é mencionada a importância de definir os procedimentos a serem executados, identificando a capacidade das instalações e as capacitações necessárias. O que ressalta a importância do alinhamento dos ativos (terceiro critério), frente as atividades a serem desenvolvidas.

A ABNT NBR ISO 55000:2014 aponta que a gestão de ativos pode ser utilizada para dirigir, coordenar e controlar as atividades de gestão de ativos. Esse processo de gerenciamento pode oferecer aos ativos um melhor monitoramento dos riscos, o que garante o alcance dos objetivos traçados (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014).

É importante ressaltar que a gestão de ativos deve ser orientada segundo o cenário organizacional. Nesta etapa, devem ser consideradas questões como: as condições internas (equipe, disponibilidade de recursos, papel da liderança, estrutura etc.) e externas (situação do mercado, concorrência, logística etc.) da organização (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014).

Esses três critérios adotados no modelo proposto, na fase da definição da estratégia de manutenção, têm o papel de garantir a eficiência e a qualidade das atividades a serem executadas. Utilizam o conhecimento global da situação organizacional e buscam possíveis fragilidades nos processos.

Esse entendimento e a identificação de fraquezas, possibilitam a organização a

definição do quão aceitável é a atividade de manutenção, levando em conta, os recursos disponíveis, fatores técnicos, ambientais e políticos (EL-HARAM; HORNER, 2002). Na ABNT NBR ISO 55000:2014 é proposto que ao longo dos processos os riscos e as oportunidades sejam gerenciados, proporcionando a mitigação de resultados indesejáveis e o aproveitamento de oportunidades, potencializando a gestão de ativos.

Os critérios adotados também enfatizam que a busca pela melhoria do desenvolvimento dos processos de manutenção passa pela integração, participação e motivação de todos os envolvidos. Ao longo das análises realizadas nas ferramentas, um dos critérios em comum observados é o desenvolvimento e a participação de todos, colaborando com a melhoria da estratégia e das atividades a serem executadas (KAPLAN; NORTON, 1997; KAPLAN; NORTON, 2006; REYES-PICKNELL; KIM, 2015; AHUJA; KHAMBA, 2008). Logo, neste modelo proposto, a participação dos envolvidos é vista como essencial, permitindo o aperfeiçoamento dos processos, por meio do princípio colaborativo, desde o início da definição estratégica até o monitoramento dos resultados.

5.4. Desempenho dos equipamentos e processos de manutenção

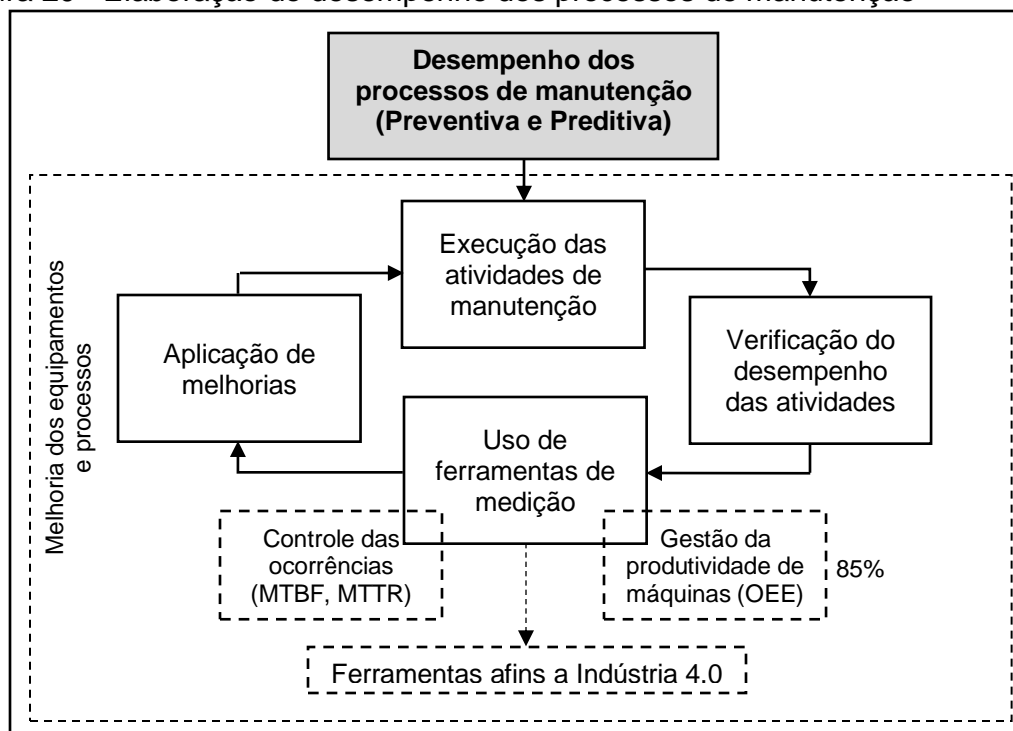
Na segunda etapa proposta no *framework*, ocorre a execução das atividades segundo o que foi definido na etapa da definição estratégica (primeira etapa).

Uma outra semelhança encontrada no uso das ferramentas analisadas, é exposta com o emprego da manutenção preventiva realizada com o objetivo de evitar a ocorrência de quebras (HIPNI et al., 2018). Ao longo dessas análises, apontando o uso da manutenção preventiva por todas as ferramentas verificadas, no trabalho de Afefy et al. (2019) há uma evolução na realização da manutenção, aplicando além da manutenção preventiva, a manutenção preditiva, de forma associada.

Para o modelo em questão, a etapa de desempenho dos equipamentos e processos propõe o monitoramento das atividades, por meio da adoção de políticas de manutenção preventiva e preditiva. Essa associação é realizada segundo Silvestri et al. (2020), com o objetivo de obter vantagens econômicas e técnicas e para Zonta et al. (2020), essa associação visa o complemento das técnicas, tendo em vista que a manutenção preditiva focada na previsão, prevenção de falhas ou degradação e monitoramento constante, é considerada uma evolução da manutenção preventiva.

A elaboração do desempenho dos processos de manutenção pode ser visualizada na Figura 20.

Figura 20 - Elaboração do desempenho dos processos de manutenção



Fonte: dados da pesquisa

Para esta estrutura a execução das atividades ocorrem conforme programado na descrição estratégica, garantindo o alinhamento dos sistemas. A execução das atividades fornece dados e esses dados podem ser analisados por meio de ferramentas de medição, como é o caso das ferramentas para o controle de ocorrências (MTTR e MTBF) e ferramentas de gestão da produtividade de máquinas (OEE).

Conforme demonstrado na subseção 2.8.2, o MTTR é utilizado para mensurar o tempo médio de reparo de um ativo, o MTBF mensura o tempo médio entre falhas e o OEE é usado para medir a eficácia geral do equipamento. O uso dessas ferramentas buscam reduzir ou eliminar as falhas e suas consequências (PARIDA; CHATTOPADHYAY, 2007).

Para este modelo proposto, os índices dessas ferramentas de análise do processo de manutenção devem seguir como está exposto no trabalho de Campbell, Reyes-Picknell e Kim (2015). A atividade de manutenção deve atuar buscando minimizar o valor do MTTR, que é considerado um valor de manutenibilidade, quanto maior o seu valor menor a disponibilidade do ativo. Por outro lado, quanto maior o índice do MTBF, mais confiável são os ativos. Enquanto que o OEE é expresso por um valor ideal em torno de 85%.

Neste modelo também é proposto o uso de sensores associados a Indústria 4.0,

com o propósito de auxiliar no gerenciamento dos ativos da instalação. Os sensores conforme visto na subseção 4.4, tem o papel de integrar todos os elementos da instalação, contribuindo com a tomada de decisão. Como sugestão apresentada no trabalho de Javaid et al. (2021), podem ser aplicados no processo de manutenção sensores como: de pressão, temperatura, proximidade, umidade, força, fluxo, gás, falhas, cor e luz. Contudo, esses sensores fornecerão dados e esses dados poderão ser aplicados na melhoria dos processos, gestão dos ativos, contribuindo também com a sustentabilidade dos sistemas.

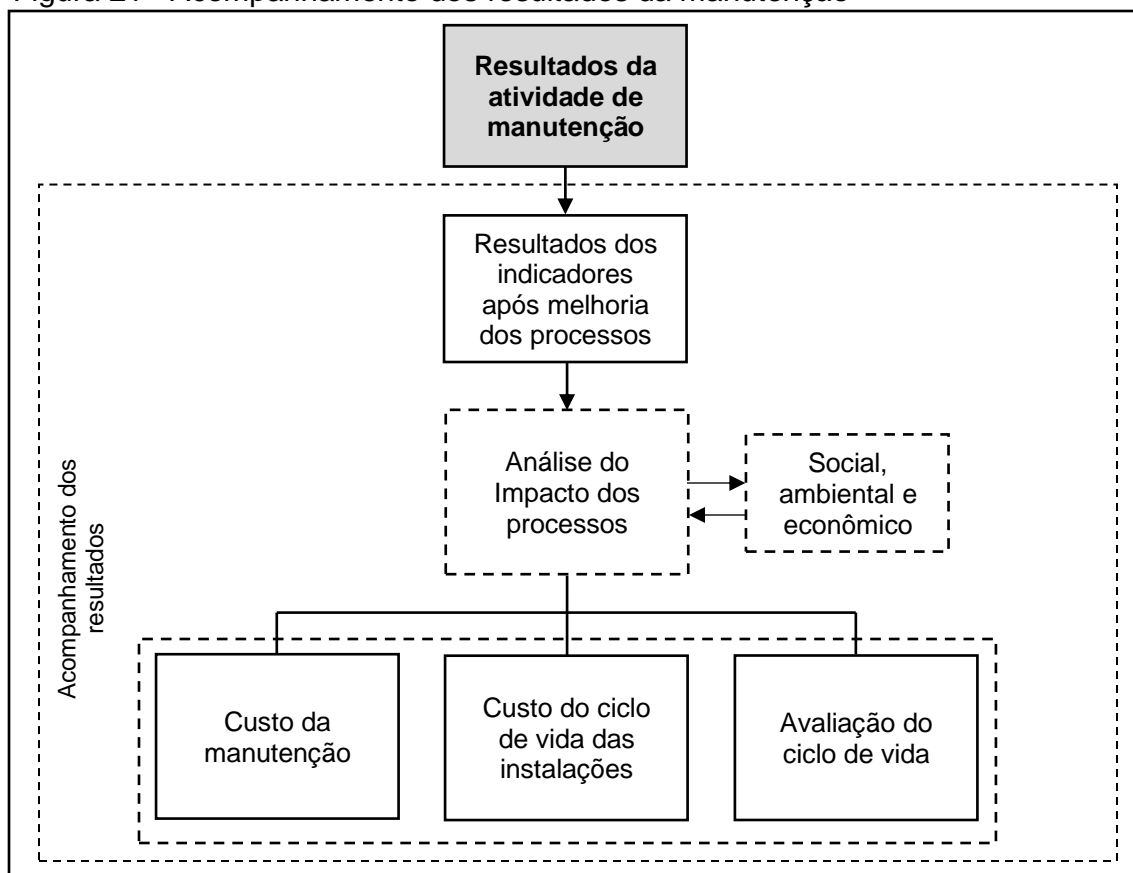
5.5. Acompanhamento dos resultados

A última etapa do *framework* proposto se refere a construção do acompanhamento dos resultados dos processos de manutenção, e tem o papel de indicar o desempenho dos ativos e os seus impactos. No trabalho de Campbell, Reyes-Picknell e Kim (2015) é mencionado que o processo de acompanhamento permite identificar a disponibilidade e a eficiência dos ativos.

Na ABNT NBR ISO 55000:2014 é mencionado que a avaliação do desempenho dos ativos deve ser realizada comparando os resultados obtidos com os programados. Se os resultados alcançados divergirem dos programados, os motivos que levaram essa divergência devem ser levantados (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014).

A ABNT NBR ISO 55000:2014, também direciona que os benefícios alcançados no decorrer da execução dos processos devem ser vistos como oportunidades, podendo fazer parte do fluxo padrão das atividades. Enquanto que, as falhas devem ser avaliadas buscando a eficiência dos ativos. A Figura 21 apresenta a estrutura da etapa de acompanhamento de resultados.

Figura 21 - Acompanhamento dos resultados da manutenção



Fonte: dados da pesquisa

Os resultados alcançados ao longo do desenvolvimento dos processos, trazem informações importantes quanto ao progresso da organização. Esses resultados são avaliados no decorrer do ciclo buscando melhorias para as operações. No entanto, é importante que a organização entenda os impactos que os processos podem trazer não somente para o ambiente interno, mas sobretudo, para o ambiente macro, que abrange as questões externas a organização.

Neste sentido, o presente modelo propõe a utilização de três indicadores para a avaliação dos resultados da atividade de manutenção: custo da manutenção, custo do ciclo de vida das instalações e avaliação do ciclo de vida. Eles têm o propósito de auxiliar nesse entendimento global, em como os processos estão e como podem impactar na conjuntura presente.

O custo da manutenção é guiado em sua maioria, pela eficácia e eficiência em que a atividade é realizada (MUCHIRI et al., 2011). Os mesmos autores apontam que a eficácia da manutenção indica se o que está sendo feito, é o correto dentro do tempo

exigido, garantindo a segurança dos processos e dos fatores ambientais, e a eficiência mostra o uso de recursos e mão de obra, tendo em vista a redução dos custos de manutenção. O cálculo do custo da manutenção foi exposto no Quadro 3, segundo Muchiri et al. (2011).

Algumas medidas podem ser aplicadas objetivando a redução dos custos de manutenção. No trabalho de Ahuja e Khamba (2008) é apontado que os custos de manutenção podem ser reduzidos em um terço e melhorar o nível de produtividade, dando a manutenção a prioridade de gerenciamento necessária. Assim, inclui a atividade nas decisões estratégicas, como está sendo proposto neste modelo.

O segundo indicador sugerido é direcionado a gestão do custo do ciclo de vida das instalações, apresentado na subseção 2.8.2. A gestão do custo do ciclo de vida permite o funcionamento das instalações segundo o que foi programado e atinge os níveis de confiabilidade e disponibilidade.

A gestão do ciclo de vida das instalações permite que a parte estratégica defina o que é mais vantajoso para a organização sob uma ótica de longo prazo (CAMPBELL; REYES-PICKNELL; KIM, 2015). Os mesmos autores reforçam que os custos do ciclo de vida das instalações são as somas dos valores presentes de todos os gastos em que ele incorre e, os riscos aos quais está exposto ao longo de seu ciclo de vida (até o final do seu uso).

O terceiro critério corresponde a avaliação do ciclo de vida sob o aspecto ambiental, apresentado na subseção 2.8.1. Esse indicador tem o objetivo de realizar o monitoramento de possíveis alterações do meio ambiente provocadas pelos processos, fazendo conferências em toda a cadeia produtiva até o refugo.

A avaliação do ciclo de vida também pode ser entendida, segundo o trabalho de Roy et al. (2009), como uma ferramenta para avaliar os efeitos ambientais de um produto, processo ou atividade ao longo de seu ciclo de vida útil, conhecida como análise “do berço ao túmulo”. Essa avaliação além da contribuição ambiental, também contribui com a imagem da organização frente a comunidade que está à volta dos processos, e ao público alvo dos produtos desenvolvidos.

5.6. Comparação da dissertação com trabalhos que analisaram KPIs de Sustentabilidade e KPIs de Manutenção

Nesta seção há uma comparação com trabalhos direcionados ao estudo de KPIs

de Sustentabilidade e KPIs de Manutenção. Essa comparação tem o objetivo de analisar a estrutura dos estudos e seus procedimentos, fazendo um paradoxo da pesquisa realizada. O Quadro 6 apresenta trabalhos que utilizam KPIs de Sustentabilidade, o Quadro 7 KPIs de Manutenção e o Quadro 8 os objetivos e desenvolvimento da dissertação.

Quadro 6 - Comparativo entre trabalhos que utilizam KPIs de Sustentabilidade

KPIs de Sustentabilidade		
Autores	Objetivo	Análise/Procedimentos realizados
De Villiers, Rouse e Kerr (2016)	Construir um novo modelo conceitual das influências que impulsionam as empresas em direção à sustentabilidade e mostrar as vantagens de integrar o relato de sustentabilidade aos sistemas de controle de gestão, especificamente o <i>Balanced Scorecard</i> (BSC).	O trabalho realiza uma análise no uso combinado de relatórios de sustentabilidade com os sistemas do <i>Balanced Scorecard</i> . Para isto o estudo é dividido da seguinte maneira: primeiramente é apresentado os objetivos do relatório de sustentabilidade e como eles podem ser implementados na estratégia corporativa juntamente com o BSC. Em seguida, é apresentado como o BSC influencia na gestão das pessoas e na formalidade em comunicar informações sobre os relatórios de sustentabilidade.
Amrina e Vilsi (2015)	Propor Indicadores Chave de Desempenho (KPIs) para avaliar a fabricação sustentável considerada adequada à indústria cimenteira com base no <i>triple bottom line</i> da sustentabilidade.	A pesquisa foi estruturada da seguinte maneira: primeiro, os indicadores-chave de desempenho (KPIs) iniciais para a avaliação de manufatura sustentável foram identificados e derivados da literatura. Em segundo lugar, os KPIs iniciais foram validados de acordo com as práticas da indústria. Por fim, foi desenvolvida uma avaliação de

		desempenho de fabricação sustentável com base nos KPIs.
Nikolaou, Evangelinos e Allan (2013)	Propor um modelo integrado para a introdução de questões de Responsabilidade Social Corporativa e sustentabilidade em sistemas de logística reversa como forma de desenvolver um modelo de estrutura de desempenho completo.	O trabalho é estruturado da seguinte maneira: descrição dos procedimentos padrão da logística reversa; análise da Responsabilidade Social Corporativa e a sustentabilidade empresarial; os indicadores GRI são examinados e, finalmente, os indicadores GRI e os princípios de sustentabilidade são combinados com cada procedimento padrão de logística reversa. Os resultados deste fornecem três tipos de indicadores, nomeadamente os de desempenho econômico, ambiental e social.

Fonte: dados da pesquisa

Quadro 7- Comparativo entre trabalhos que utilizam KPIs de Manutenção

KPIs de Manutenção		
Autores	Objetivo	Análise/Procedimentos realizados
Muchiri et al. (2011)	É proposta uma estrutura conceitual que fornece diretrizes para a escolha de indicadores de desempenho da função de manutenção.	Esta revisão identifica os principais elementos e processos que conduzem a função de manutenção para a eficiência das metas de fabricação. A estrutura conceitual é dividida em três seções: orientação da manutenção com fabricação, análise de esforço/processo de manutenção e análise do desempenho.
Ahuja e Khamba (2008)	Revisar a literatura sobre Manutenção Produtiva Total (TPM) e apresentar uma visão geral das	O artigo revisa um grande número de artigos neste campo e apresenta a visão geral de várias

	práticas de implementação de TPM adotadas pelas organizações manufatureiras.	práticas de implementação de TPM demonstradas por organizações de manufatura globalmente. Ele também destaca as abordagens sugeridas por vários pesquisadores e profissionais e avalia criticamente as razões por trás do fracasso dos programas de TPM nas organizações.
--	--	---

Fonte: dados da pesquisa

Quadro 8 - Comparativo entre trabalhos e a dissertação

Dissertação		
Autores	Objetivo	Análise/Procedimentos realizados
Dissertação	Alcançar estudos que apontam o uso de KPIs de Manutenção e KPIs de Sustentabilidade, com o auxílio de ferramentas da Indústria 4.0, para auxiliar na construção do modelo proposto.	Para o alcance do objetivo do estudo, toda a bibliografia sobre estes temas foi analisada, buscando pontos de melhoria, utilizando o software de análise de tendências por meio do critério de cocitações CiteSpace®, e a metodologia de seleção de publicações do <i>Methodi Ordination</i> . Depois de encontrar os principais indicadores, um <i>framework</i> foi construído para a estruturação do modelo conceitual. Esse modelo apresenta indicadores como: MTTR, MTBF e OEE, para gestão da manutenção e custo da manutenção, custo do ciclo de vida das instalações e avaliação do ciclo de vida, para análise da sustentabilidade.

Fonte: dados da pesquisa

Como pode ser observado nos Quadros 6, 7 e 8, esta dissertação preencheu a lacuna identificada entre a utilização de forma associativa dos KPIs de Manutenção, KPIs de Sustentabilidade e as ferramentas da Indústria 4.0. Essa lacuna pode ser considerada atual do ponto de vista organizacional, assim como o uso das tecnologias afins a Indústria 4.0. Esse fato foi verificado ao ainda se encontrar poucas publicações com todos esses vínculos. Diante disso, ao longo da dissertação foram discorridos os benefícios organizacionais, sociais e sustentáveis proporcionados por essa associação.

5.7. Considerações Finais

Neste capítulo foi realizada a discussão de todas as etapas da estrutura apresentada no capítulo 4.

A primeira etapa discutida é referente as divisões apresentadas na estrutura. Essas divisões foram adotadas com base nas comparações e análises realizadas nas ferramentas. Considerando as semelhanças, diferenças e realizando associações, com o objetivo de buscar um modelo que melhor atendesse o processo da gestão da produção dentro da manutenção. Neste sentido, as divisões apresentadas correspondem ao desenvolvimento da estratégia, melhoria dos equipamentos e processos e acompanhamento dos resultados. A série da ABNT NBR ISO 55000:2014 é utilizada como diretriz, auxiliando no processo da implementação da estrutura, auxiliando na solidificação e permanência nos processos.

A segunda etapa apresentada neste capítulo é representada pela elaboração e definição da estratégia de manutenção. Esta etapa ressalta a importância da integração dos ativos, frente as estratégias estabelecidas para o bom funcionamento da empresa. Conforme visto no capítulo, existem três critérios que devem estar alinhados: a cultura organizacional, a definição das metas de manutenção e o alinhamento de pessoas, máquinas e sistemas. Somente com essa integração, se garantirá uma estratégia sólida e o alcance dos objetivos traçados.

A terceira etapa apresenta o desempenho dos equipamentos e processos de manutenção. Esta etapa associa a manutenção preventiva com a manutenção preditiva, buscando uma maior cobertura dos processos, reduzindo as chances de falhas operacionais. Como forma de mensurar as atividades da manutenção, foram utilizados indicadores como o MTTR, MTBF e o OEE, dentro dos seus objetivos individuais, conforme demonstrado na seção 5.4. Além desses indicadores, a estrutura também conta

com a utilização de ferramentas afins a Indústria 4.0, auxiliando a gestão da manutenção.

A quarta etapa apresenta o acompanhamento dos resultados. Esta etapa garante que dentro dos processos, todas as ferramentas implementadas serão monitoradas e acompanhadas, buscando mitigar os riscos e prosperar com as oportunidades encontradas. Para a análise do impacto dos processos, foram utilizadas três medidas. Uma considerando o resultado da manutenção, a outra considerando a confiabilidade e disponibilidade das instalações e, por fim, a métrica que avalia os impactos dos processos no meio ambiente. Juntas, essas métricas associam o fator produtivo e os seus ativos envolvidos, com o meio ambiente, buscando reduzir os impactos e trazer benefícios aos integrantes envolvidos.

A seção foi finalizada uma análise comparativa entre trabalhos direcionados a KPIs de Sustentabilidade, KPIs de Manutenção e as ferramentas da Indústria 4.0, afirmando a atualidade do tema abordando ao longo da dissertação e os benefícios alcançados por essa associação.

CAPÍTULO 6

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A elaboração desta dissertação permitiu responder à questão de pesquisa apresentada no Capítulo 1: é possível criar um modelo de decisão genérico para a integração de KPIs de sustentabilidade juntamente com os indicadores de manutenção já existentes, considerando a tendência da indústria 4.0? Para responder esta questão, os objetivos específicos são discutidos a seguir.

O primeiro objetivo específico traçado para esta questão aponta para a identificação dos indicadores de desempenho já existentes e possíveis pontos de melhorias. Para tanto, foi utilizada a ferramenta CiteSpace[®] que emprega o critério de cocitação, e pelo *Methodi Ordinatio* que considera o fator de impacto do trabalho. Tais ferramentas têm o papel de encontrar trabalhos relevantes, e ambas as utilizações garantiram o rastreamento efetivo de referências com o tema abordado, possibilitando encontrar os principais indicadores e as metodologias para a mensuração da manutenção e da sustentabilidade.

A identificação dos principais trabalhos permitiu a realização do segundo e do terceiro objetivo específico, que conduz para a criação de um modelo de decisão e a realização de comparativos sobre as ferramentas encontradas. Esta construção foi realizada por meio da concepção do *framework*, possibilitando uma análise nos trabalhos coletados utilizando o software CiteSpace[®] e o *Methodi Ordinatio*, seguido das etapas de identificação das ferramentas utilizadas nestes trabalhos, a nomeação, a integração dos conceitos (identificando similaridades entre as ferramentas), reunião dos conceitos e, por fim, a construção da síntese por meio destas identificações.

O modelo desenvolvido é constituído de três divisões: desenvolvimento da

estratégia, melhoria dos equipamentos e processos e acompanhamento dos resultados. Essas divisões foram determinadas por meio de comparações realizadas nas ferramentas encontradas, inferindo como sendo etapas essenciais para a eficiência dos processos.

O modelo também estabelece a utilização de ferramentas afins a Indústria 4.0. Essas ferramentas possibilitam a disposição de dados atualizados e realísticos, contribuindo com a gestão da manutenção e com a tomada de decisão.

A elaboração do modelo de decisão para a implementação e monitoramento das atividades de manutenção sob a ótica sustentável e a adoção de ferramentas afins a Indústria 4.0, apresenta estratégias que colaboram com o gerenciamento dos processos, sobretudo das atividades de manutenção, podendo exercer um papel importante para futuras pesquisas nesta área.

Inicialmente, a pesquisa apresenta uma completa análise bibliográfica utilizando o software CiteSpace® com critério de cocitação e o *Methodi Ordinatio*. Esta análise oportunizou encontrar trabalhos voltados para o tema de interesse, utilizados para a construção do *framework* e elaboração do modelo de decisão, além de proporcionar um suporte para novas pesquisas, pois apresenta os passos realizados e as discussões dos resultados alcançados.

A pesquisa também apresenta uma estrutura a ser seguida com foco na melhoria da eficiência das atividades de manutenção, guiadas por meio de similaridades encontradas nas ferramentas aplicadas nos trabalhos coletados. O *framework* é composto das seguintes etapas: desenvolvimento da estratégia, melhoria dos equipamentos e processos e acompanhamento dos resultados.

Essas etapas carregam contribuições como: clareza dos objetivos a serem alcançados, integração dos ativos (pessoas e sistemas), seguridade dos processos, efetiva participação dos envolvidos, melhor compreensão sobre as necessidades das operações (capacidade e capacitações), maior controle das atividades por meio de indicadores de desempenho (OEE, MTTR e MTBF) e de ferramentas de monitoramento (Indústria 4.0), além do controle dos processos de manutenção, analisando os custos associados a realização das atividades e das instalações, considerando os impactos gerados no meio ambiente.

Essa pesquisa se limitou em realizar análises voltadas para a integração de KPIs de Sustentabilidade e Manutenção em processos industriais, utilizando ferramentas da Indústria 4.0, propondo uma estrutura conceitual por meio da integração e similaridades

das ferramentas encontradas nos estudos examinados, seguindo as etapas do *framework* descritas no Capítulo 3.

Ao longo do estudo, na etapa de obtenção de trabalhos para a construção do *framework*, a busca não detectou pesquisas que relacionam as concepções de KPIs de Sustentabilidade, KPIs de Manutenção às tecnologias da Indústria 4.0. Diante disso, é sugerido que para futuros trabalhos seja realizado a implementação e a validação do modelo proposto por meio das três etapas. Esse processo de implementação e validação poderá contar com o auxílio de profissionais especialistas na área de manutenção, oferecendo contribuições ao modelo inicial, oportunizando a solidificação da estrutura.

A contribuição da estrutura também pode ser ampliada em futuros trabalhos explorando a economia circular do processo de manutenção, validando a utilização da matéria-prima, geração e transformação de resíduos. Além disso, pode-se realizar a implementação e validação da estrutura em outras áreas, além da manutenção, considerando seus respectivos indicadores.

REFERÊNCIAS

- ADAMIK, A.; NOWICKI, M. Preparedness of companies for digital transformation and creating a competitive advantage in the age of Industry 4.0. **Proceedings of the International Conference on Business Excellence**, v. 12, n. 1, p. 10–24, 2018.
- ADAMS, C. A.; FROST, G. R. Integrating sustainability reporting into management practices. **Accounting Forum**, v. 32, n. 4, p. 288–302, 2008.
- ADAMS, W. M. The future of sustainability: Re-thinking environment and development in the twenty-first century. **Report of the IUCN renowned thinkers meeting**, 2006.
- ADESTA, E. Y. T.; PRABOWO, H. A.; AGUSMAN, D. Evaluating 8 pillars of Total Productive Maintenance (TPM) implementation and their contribution to manufacturing performance. **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**, v. 290, n. 1, 2018.
- AFEFY, I. H. Reliability-Centered Maintenance Methodology and Application: A Case Study. **Engineering**, v. 02, n. 11, p. 863–873, 2010.
- AFEFY, I. H. et al. A new framework of reliability centered maintenance. **Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering**, v. 13, n. 3, p. 175–190, 2019.
- AFRINALDI, F. et al. Minimizing economic and environmental impacts through an optimal preventive replacement schedule: Model and application. **Journal of Cleaner Production**, v. 143, p. 882–893, 2017.
- AHLMANN, H. From traditional practice to the new understanding: the significance of the Life Cycle Profit concept in the management of industrial enterprises. **Maintenance Management & Modelling conference**, v. 1, n. 1, p. 6–7, 2002.
- AHRÉN, T.; PARIDA, A. Maintenance performance indicators (MPIs) for benchmarking the railway infrastructure. **Benchmarking**, v. 16, n. 2, p. 247–258, 2009.
- AHUJA, I. P. S.; KHAMBA, J. S. Total productive maintenance: Literature review and directions. **International Journal of Quality and Reliability Management**, v. 25, n. 7, p. 709 - 756, 2008.
- AIT-ALLA, A. et al. **Real-time Fault Detection for Advanced Maintenance of Sustainable Technical Systems**. Procedia CIRP. **Anais...Ischia Italy: 2016**. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84968901949&doi=10.1016%2Fj.procir.2016.01.015&partnerID=40&md5=734c6c6400732847754ab355cc6c6b48>>
- AL-NAJJAR, B. The lack of maintenance and not maintenance which costs: A model to describe and quantify the impact of vibration-based maintenance on company's business. **International Journal of Production Economics**, v. 107, n. 1, p. 260–273, 2007.

ALLA, H. R.; HALL, R.; APEL, D. B. Performance evaluation of near real-time condition monitoring in haul trucks. **International Journal of Mining Science and Technology**, v. 30, n. 6, p. 909–915, 2020.

ALMEANAZEL, O. T. R. Total Productive Maintenance Review and Overall Equipment Effectiveness Measurement. **Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering (JJMIE)**, v. 4, n. 4, p. 517–522, 2010.

ALSYOUF, I. Maintenance practices in Swedish industries: Survey results. **International Journal of Production Economics**, v. 121, n. 1, p. 212–223, 2009.

AMRINA, E.; ARIDHARMA, D. Sustainable maintenance performance evaluation model for cement industry. **IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management**, v. 2016- Decem, p. 350–354, 2016.

AMRINA, E.; RAMADHANI, C.; VILSI, A. L. A Fuzzy Multi Criteria Approach for Sustainable Manufacturing Evaluation in Cement Industry. **Procedia CIRP**, v. 40, p. 619–624, 2016.

AMRINA, E.; VILSI, A. L. **Key performance indicators for sustainable manufacturing evaluation in cement industry**. *Procedia CIRP. Anais...2015*. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84939622589&doi=10.1016%2Fj.procir.2014.07.173&partnerID=40&md5=13d113936d8f78cfaa361c92ca76302b>>

ARKSEY, H.; O'MALLEY, L. Scoping studies: Towards a methodological framework. **International Journal of Social Research Methodology: Theory and Practice**, v. 8, n. 1, p. 19–32, 2005.

ARORA, AMISHI; KAUR, S. Performance Assessment Model for Management Educators Based on KRA / KPI. **International Conference on Technology and Business Management**, p. 218–221, 2015.

ARTS, R. H. P. M. ; KNAPP, G. M. .; MANN, L. Some aspects of measuring maintenance performance in the process industry. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, v. 4, n. 1, p. 6–11, 1998.

ARVANITOYANNIS, I. S. Waste management for the food industries. **Elsevier Inc**, v. 1, p. 106–107, 2010.

ASIF, M.; SEARCY, C. Determining the key capabilities required for performance excellence in higher education. **Total Quality Management and Business Excellence**, v. 25, n. 1–2, p. 22–35, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 55000:2014: Gestão de ativos – visão geral, princípios e terminologia**. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

ATKINSON, A.; WATERHOUSE, J.; WELLS, R. A Stakeholder Approach to Strategic Performance Measurement. **Sloan Management Review**, v. 38, n. 3, p. 25–37, 1997.

AZAPAGIC, A. Systems Approach to Corporate Sustainability: A General Management Framework. **Process Safety and Environmental Protection: Transactions of the Institution of Chemical Engineers, Part B**, v. 81, n. 5, p. 303–316, 2003.

AZAPAGIC, A. Developing a framework for sustainable development indicators for the mining and minerals industry. **Journal of Cleaner Production**, v. 12, n. 6, p. 639–662, 2004.

BACHEGA, S. J.; TAVARES, D. M. **Applications of Petri Nets in Distributed Processing : a Scoping Study**. Proceedings of the International Conference on Parallel and Distributed Processing Techniques and Applications (PDPTA). **Anais...The Steering Committee of WorldComp**, 2015.

BAI, C.; SARKIS, J. Determining and applying sustainable supplier key performance indicators. **Supply Chain Management**, v. 19, n. 3, p. 275–291, 2014.

BAÑON GOMIS, A. J. et al. Rethinking the Concept of Sustainability. **Business and Society Review**, v. 116, n. 2, p. 171–191, 2011.

BANSAL, P. The corporate challenges of sustainable development. **Academy of Management Executive**, v. 16, n. 2, p. 122–131, 2002.

BEHRENDTS, S.; LINDHOLM, M.; WOXENIUS, J. The impact of urban freight transport: A definition of sustainability from an actor's perspective. **Transportation Planning and Technology**, v. 31, n. 6, p. 693–713, 2008.

BEHZAD, M. et al. Improving sustainability performance of heating facilities in a central boiler room by condition-based maintenance. **Journal of Cleaner Production**, v. 206, p. 713–723, 2019.

BEIER, G. et al. Industry 4.0: How it is defined from a sociotechnical perspective and how much sustainability it includes – A literature review. **Journal of Cleaner Production**, v. 259, p. 120856, 2020.

BELL, S., MORSE, S. **Sustainability indicators: Measuring the immeasurable?**, 2012.

BEN, J. S. Implementation of Autonomous Maintenance and its Effect on MTBF, MTTR, and Reliability of a Critical Machine in a Beer Processing Plant. **International Journal of Progressive Sciences and Technologies (IJPSAT)**, v. 31, n. 1, p. 57–66, 2022.

BILGE, P. et al. Mapping and Integrating Value Creation Factors with Life-cycle Stages for Sustainable Manufacturing. **Procedia CIRP**, v. 61, p. 28–33, 2017.

BOURLAKIS, M. et al. Examining sustainability performance in the supply chain: The case of the Greek dairy sector. **INDUSTRIAL MARKETING MANAGEMENT**, v. 43, n. 1, p. 56–66, 2014.

BOUSDEKIS, A. et al. Decision making in predictive maintenance: Literature review and research agenda for industry 4.0. **IFAC-PapersOnLine**, v. 52, n. 13, p. 607–612, 2019.

BOUSDEKIS, A. et al. A review of data-driven decision-making methods for industry 4.0 maintenance applications. **Electronics**, v. 10, n. 7, p. 828, 2021.

BRUNDAGE, M. P. et al. Developing Maintenance Key Performance Indicators From Maintenance Work Order Data. **International Manufacturing Science and Engineering Conference**, p. 1–9, 2018.

BRUNDTLAND, G. H. Our Common Future: The World Commission on Environment and Development. **Oxford: Oxford University Press**, 1987.

BRYMAN, A. **Social Research Methods**. 4. ed. New York: Oxford University Press Inc, 2012.

CAMPBELL, JOHN D.; JARDINE, A. K. **Maintenance excellence: optimizing equipment life-cycle decisions**. USA: Marcel Dekker, 2001.

CAMPBELL, J. D. .; REYES-PICKNELL, J. V. .; KIM, H. S. . **Uptime: Strategies for excellence in maintenance management**CRC Press, , 2015.

CEN – EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. **13306: 2001-Maintenance Terminology**BrusselsStandard, , 2001.

CEN – EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. **EN 15341-European Standard-Maintenance Key Performance Indicators**, 2007.

CENTER FOR INTERNATIONAL EARTH SCIENCE INFORMATION NETWORK. **Environmental Sustainability Index, Global Leaders for Tomorrow World Economic Forum Yale Center for Environmental Law and Policy**, 2002.

CHEN, C. Searching for intellectual turning points: Progressive knowledge domain visualization. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 101, n. SUPPL. 1, p. 5303–5310, 2004.

CHEN, C.; IBEKWE-SANJUAN, F.; HOU, J. The Structure and Dynamics of Cocitation Clusters: A Multiple- Perspective Cocitation Analysis. **Journal of the American Society for Information Science and Technology**, v. 61, n. 7, p. 1386–1409, 2010.

CHUA, S. J. L. et al. Maintenance of high-rise residential buildings. **INTERNATIONAL JOURNAL OF BUILDING PATHOLOGY AND ADAPTATION**, v. 36, n. 2, p. 137–151, 2018.

CIEGIS, R.; RAMANAUSKIENE, J.; MARTINKUS, B. The concept of sustainable development and its use for sustainability scenarios. **Engineering Economics**, v. 2, n. 62, p. 28–37, 2009.

CIORUTA, B.; COMAN, M.; LAURAN, A. From Human-Environment Interaction to Environmental Informatics (II): the Sustainability evolution as requirement of Knowledge-based Society. **Magazine of Hydraulics, Pneumatics, Tribology, Ecology, Sensorics, Mechatronics**, v. 2, n. June, p. 33–42, 2018.

COETZEE, J. L. Reliability-centered maintenance. **Hatfield: Republic of South**, 1998.

COOKE, F. L. Plant maintenance strategy: Evidence from four British manufacturing firms. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, v. 9, n. 3, p. 239–249, 2003.

CRESWELL, J. W. **Projeto de Pesquisa: Métodos qualitativo, quantitativo e misto**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2007.

CROSS, M. Raising the value of maintenance in the corporate environment. **Management Research News**, v. 11, n. 3, p. 8–11, 1988.

DA SILVA, R. F. et al. **Defining maintenance performance indicators for asset management**

based on iso 55000 and balanced scorecard: A hydropower plant case study. (B. P., D. M. F., Z. E., Eds.)30th European Safety and Reliability Conference, ESREL 2020 and 15th Probabilistic Safety Assessment and Management Conference, PSAM 2020. **Anais...**Department of Mechatronics and Mechanical Systems, University of São Paulo, Avenida Professor Mello de Moraes 2231, S o Paulo, 05508-030, Brazil: Research Publishing Services, 2020. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85110253624&partnerID=40&md5=b52c4eaa0b50126a221d7d8de7d24651>>

DE JONGE, B.; SCARF, P. A. A review on maintenance optimization. **European Journal of Operational Research**, v. 285, n. 3, p. 805–824, 2020.

DE VILLIERS, C.; ROUSE, P.; KERR, J. A new conceptual model of influences driving sustainability based on case evidence of the integration of corporate sustainability management control and reporting. **Journal of Cleaner Production**, v. 136, p. 78–85, 2016.

EISENHARDT, K. M. Building Theories from Case Study Research. **Academy of Management Review**, v. 14, n. 4, p. 532–550, 1989.

EJSMONT, K.; GLADYSZ, B.; KLUCZEK, A. Impact of industry 4.0 on sustainability—bibliometric literature review. **Sustainability**, v. 12, n. 14, p. 5650, 2020.

EL-HARAM, M. A.; HORNER, M. W. Factors affecting housing maintenance cost. **Journal of Quality in maintenance Engineering**, v. 8, n. 2, p. 115–123, 2002.

ELKINGTON, J. Partnerships from cannibals with forks: The triple bottom line of 21st-century business. **Environmental Quality Management**, v. 8, n. 1, p. 37–51, 1998.

ENGEL, Y.; ETZION, O.; FELDMAN, Z. **A basic model for proactive event-driven computing.** Proceedings of the 6th ACM international conference on distributed event-based systems. 2012.

ERBOZ, G. **How to Define Industry 4.0: The Main Pillars Of Industry 4.0**, 2017. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/326557388_How_To_Define_Industry_40_Main_Pillars_Of_Industry_40>. Acesso em: 25 maio. 2022

FIGGE, F. ET AL. The sustainability balanced scorecard—linking sustainability management to business strategy. **Business strategy and the Environment**, v. 11, n. 5, p. 269–284, 2002.

FRANCIOSI, C. et al. Maintenance for Sustainability in the Industry 4.0 context: a Scoping Literature Review. **IFAC-PapersOnLine**, v. 51, n. 11, p. 903–908, 2018.

FUSKO, M. et al. Basics of designing maintenance processes in industry 4.0. **MM Science Journal**, v. 2018, n. March, p. 2252–2259, 2018.

GARCIA-MUIÑA, F. E. et al. The paradigms of Industry 4.0 and circular economy as enabling drivers for the competitiveness of businesses and territories: The case of an Italian ceramic tiles manufacturing company. **Social Sciences**, v. 7, n. 12, 2018.

GHOBAKHLOO, M. Industry 4.0, digitization, and opportunities for sustainability. **Journal of Cleaner Production**, v. 252, p. 119869, 2020.

GLOBAL REPORTING INITIATIVE. G4—Sustainability Reporting Guidelines. Part 1: Reporting Principles and Standard Disclosures. 2013.

GONÇALVES, C. D. F.; DIAS, J. A. M.; MACHADO, V. A. C. Multi-criteria decision methodology for selecting maintenance key performance indicators. **International Journal of Management Science and Engineering Management**, v. 10, n. 3, p. 215–223, 2015.

GONG, X. et al. Mapping Intellectual Structure : A Co-citation Analysis of Food Safety in CiteSpace II. p. 1–13, 2013.

GRI. **A GRI Resource Document In Support of the Public Agency Sector Supplement Project**. Public Agency Sustainability Reporting. **Anais...Amsterdam**, 2004.

GRI. **Sector Supplement for Public Agencies**, 2005.

GUTHRIE, J.; FARNETI, F. GRI sustainability reporting by Australian public sector organizations. **Public Money and management**, v. 28, n. 6, p. 361–366, 2008.

HENNING, V.; REICHEL, J. **Mendeley – A Last . fm for Research ?IEEE Fourth International Conference on eScience**, 2008.

HIPNI, A. et al. Implementation MTBF (Mean Time Between Failures) to Reduce Cost of Maintenance Painting Line& Product Defect at Sparepart Accessories Factory. **International Journal of Innovative Science and Research Technology**, v. 3, n. 6, p. 264–268, 2018.

HOSEINIE, S. H.; KUMAR, U.; GHODRATI, B. **Reliability Centered Maintenance (RCM) for Automated Mining Machinery**. Luleå: University of Technology, 2016.

JABAREEN, Y. Building a Conceptual Framework: Philosophy, Definitions, and Procedure. **The International Journal of Qualitative Methods**, v. 8, n. 4, p. 15, 2009.

JAVAID, M. et al. Significance of sensors for industry 4.0: Roles, capabilities, and applications. **Sensors International**, v. 2, n. 1, p. 100110, 2021.

JONES, M.; ZARZYCKI, L.; MURRAY, G. Does Industry 4.0 pose a challenge for the SME Machine builder? A case study and reflection of readiness for a UK SME. **International Precision Assembly Seminar**, p. 183–197, 2018.

JOUNG, C. B. et al. Categorization of indicators for sustainable manufacturing. **Ecological Indicators**, v. 24, p. 148–157, 2013.

KAMALI, M.; HEWAGE, K. Development of performance criteria for sustainability evaluation of modular versus conventional construction methods. **JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION**, v. 142, p. 3592–3606, 2017.

KAMALI, M.; HEWAGE, K.; MILANI, A. S. Life cycle sustainability performance assessment framework for residential modular buildings: Aggregated sustainability indices. **BUILDING AND ENVIRONMENT**, v. 138, p. 21–41, 2018.

KAPLAN, A. **A Conduta na Pesquisa: Metodologia para as Ciências do Comportamento**. São Paulo: EDUSP, 1975.

KAPLAN, R. S.; NORTON, D. P. **A estratégia em ação: balanced scorecard.** Gulf Professional Publishing, , 1997.

KAPLAN, R. S.; NORTON, D. P. The balanced scorecard: Measures That drive performance. **Harvard Business Review**, v. 83, n. 7–8, 2005.

KAPLAN, R. S.; NORTON, D. P. **Alignment: Using the balanced scorecard to create corporate synergies.** Boston: Harvard Business School, 2006.

KELLY, A. Maintenance strategy. 1997.

KENNERLEY, M.; NEELY, A. Measuring performance in a changing business environment. **International Journal of Operations and Production Management**, v. 23, n. 2, p. 213–229, 2003.

KOMONEN, K. A cost model of industrial maintenance for profitability analysis and benchmarking. **INTERNATIONAL JOURNAL OF PRODUCTION ECONOMICS**, v. 79, n. 1, p. 15–31, 2002.

KRAJNC, D.; GLAVIC, P. A model for integrated assessment of sustainable development. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 43, n. 2, p. 189–208, 2005.

KU, S.; KIM, C. Development of a model for maintenance performance measurement: A case study of a gas terminal. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, v. 26, n. 1, p. 69–86, 2019.

KUMAR, U. et al. Maintenance Performance Metrics : A State of the Art Review. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, v. 1, p. 3–34, 2013.

KUTUCUOGLU, K. Y. et al. A framework for managing maintenance using performance measurement systems. **International Journal of Operations and Production Management**, v. 21, n. 1–2, p. 173–194, 2001.

LAMBERTON, G. Sustainability accounting - A brief history and conceptual framework. **Accounting Forum**, v. 29, n. 1, p. 7–26, 2005.

LEVAC, D.; COLQUHOUN, H.; O'BRIEN, K. K. Scoping studies: Advancing the methodology. **Implementation Science**, v. 5, n. 1, 2010.

LI, X.; MA, E.; QU, H. Knowledge mapping of hospitality research – A visual analysis using CiteSpace. **International Journal of Hospitality Management**, v. 60, p. 77–93, 2017.

LINDBERG, C. F. et al. Key Performance Indicators Improve Industrial Performance. **Energy Procedia**, v. 75, p. 1785–1790, 2015.

LINDFORS, L.-G. et al. **Nordic guidelines on life-cycle assessment**, 1995.

LINGLE, J. H.; SCHIEMANN, W. A. From balanced scorecard to strategy gauge: is measurement worth it? **Management Review**, p. 56–62, 1996.

LÓPEZ, A. J. G. et al. Prognostics and health management in advanced maintenance systems. **Advanced Maintenance Modelling for Asset Management**, p. 79–106, 2018.

LÜTZKENDORF, T. et al. Sustainable property investment: Valuing sustainable buildings through property performance assessment. **Building Research and Information**, v. 33, n. 3, p. 212–234, 2005.

MANUAL DE FRASCATI. **Proposed standard practice for surveys on research and experimental development**. 1. ed. Paris: Organization for Economic Co-operation and Development (OECD), 2002.

MENSAH, J. Sustainable development: Meaning, history, principles, pillars, and implications for human action: Literature review. **Cogent Social Sciences**, v. 5, n. 1, p. 1–21, 2019.

MINGERS, J.; LIPITAKIS, E. A. E. C. G. Counting the Citations: A Comparison of Web of Science and Google Scholar in the Field of Business and Management. **European Journal of Social Psychology**, v. 40, n. 2, p. 366–374, 2010.

MITCHELL, M.; CURTIS, A.; DAVIDSON, P. Can the 'triple bottom line' concept help organisations respond to sustainability issues? **Conference proceedings in 5th Australian Stream Management Conference**, p. 21–25, 2007.

MOBLEY, R. K. **Maintenance engineering handbook**. 2012

MOLDAN, B.; DAHL, A. L. **Sustainability indicators: a scientific assessment**. 1. ed. Washington: Scope, 2007.

MOSCARDO, G. Sustainable Tourism Innovation: Challenging Basic Assumptions. **Tourism and Hospitality Research**, v. 8, n. 1, p. 4–13, 2008.

MOSYURCHAK, A. et al. Prognosis of behaviour of machine tool spindles, their diagnostics and maintenance. **MM Science Journal**, v. 2017, n. 5, p. 2100–2104, 2017.

MOUBRAY, J. **Reliability Centered Maintenance - RCM II**. Second Ed ed. New York: Industrial Press Inc, 1997.

MUCHIRI, P. et al. Development of maintenance function performance measurement framework and indicators. **International Journal of Production Economics**, v. 131, n. 1, p. 295–302, 2011.

MUCHIRI, P. N. et al. Empirical analysis of maintenance performance measurement in Belgian industries. **International Journal of Production Research**, v. 48, n. 20, p. 5905–5924, 2010.

NAKAJIMA, S. Introduction to TPM: total productive maintenance. **Productivity Press**, p. 129, 1998.

NASSAJI, H. Qualitative and descriptive research: Data type versus data analysis. **Language Teaching Research**, v. 19, n. 2, p. 129–132, 2015.

NATE, S. et al. The Impact of Energy Consumption on the Three Pillars of Sustainable Development. **Energies**, v. 14, n. 5, p. 1372, 2021.

NEELY, A.; GREGORY, M.; PLATTS, K. Performance measurement system design: A literature review and research agenda. **International Journal of Operations and Production Management**, v. 25, n. 12, p. 1228–1263, 2005.

NESS, B. et al. Categorising tools for sustainability assessment. **Ecological Economics**, v. 60, n. 3, p. 498–508, 2007.

NIKOLAOU, I. E.; EVANGELINOS, K. I.; ALLAN, S. A reverse logistics social responsibility evaluation framework based on the triple bottom line approach. **Journal of cleaner production**, v. 56, n. 1, p. 173–184, 2013.

NORMAN, W.; MACDONALD, C. Getting to the bottom of “triple bottom line”. **Business ethics quarterly**, v. 4, n. 2, p. 243–262, 2004.

ODEYALE, S. O.; ALAMU, O. J.; ODEYALE, E. O. The analytical hierarchy process concept for maintenance strategy selection in manufacturing industries. **The Pacific Journal of Science and Technology**, v. 14, n. 1, p. 223–233, 2013.

OECD. **Towards Sustainable Development: Indicators to Measure Progress Proceedings of the OECD Rome Conference**. 2000.

PAGANI, R. N.; KOVALESKI, J. L.; RESENDE, L. M. Methodi Ordinatio: a proposed methodology to select and rank relevant scientific papers encompassing the impact factor, number of citation, and year of publication. **Scientometrics**, v. 105, n. 3, p. 2109–2135, 2015.

PARIDA, A. Development of a Multi-criteria Hierarchical Framework for Maintenance Performance Measurement Concepts , Issues and Challenges. **PhD Thesis, Luleå University of Technology**, p. 1–174, 2006.

PARIDA, A. et al. Performance measurement and management for maintenance: a literature review. **JOURNAL OF QUALITY IN MAINTENANCE ENGINEERING**, v. 21, n. 1, p. 2, 2015.

PARIDA, A.; CHATTOPADHYAY, G. Development of a multi-criteria hierarchical framework for maintenance performance measurement (MPM). **Journal of Quality in maintenance Engineering**, v. 1, n. 13, p. 241–258, 2007.

PARIDA, A.; KUMAR, U. Maintenance performance measurement (MPM): Issues and challenges. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, v. 12, n. 3, p. 239–251, 2006.

PARMENTER, D. **Key performance indicators: developing, implementing, and using winning KPIs**. 3. ed. New Jersey: John Wiley & Sons, 2015.

PATTON, M. Q. **Qualitative evaluation and research methods**. 2. ed. Califórnia: SAGE Publications, 1990.

PAWLOWSKI, A. How Many Dimensions Does Sustainable Development Have? **Sustainable Development**, v. 90, n. November 2007, p. 81–90, 2008.

PINJALA, S. K.; PINTELON, L.; VEREECKE, A. An empirical investigation on the relationship between business and maintenance strategies. **International Journal of Production Economics**, v. 104, n. 1, p. 214–229, 2006.

POPPER, K. R. **A Lógica da Pesquisa Científica**. 2. ed. São Paulo: Cultrix, 2004.

RAGHEB, A.; EL-SHIMY, H.; RAGHEB, G. Green Architecture: A Concept of Sustainability. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, v. 216, n. October 2015, p. 778–787, 2016.

RIANTINI, L. S. et al. Structural equation model relationship between policy, Work Breakdown Structure (WBS), Guidelines, Information System (IS), and Building Information Modeling (BIM) on maintenance performance of high rise building. **International Journal of Engineering Research and Technology**, v. 13, n. 10, p. 2660–2667, 2020.

RØDSETH, H.; SCHJØLBERG, P.; MARHAUG, A. Deep digital maintenance. **Advances in Manufacturing**, v. 5, n. 4, p. 299–310, 2017.

ROY, P. et al. A review of life cycle assessment (LCA) on some food products. **Journal of food engineering**, v. 90, n. 1, p. 1–10, 2009.

SAATY, T. L. Analytical Hierarchy Process: Planning, Priority Setting. **Resource Allocation**, 1980.

SEARCY, C.; KARAPETROVIC, S.; MCCARTNEY, D. Designing sustainable development indicators: Analysis for a case utility. **Measuring Business Excellence**, v. 9, n. 2, p. 33–41, 2005.

SEURING, S. A review of modeling approaches for sustainable supply chain management. **Decision Support Systems**, v. 54, n. 4, p. 1513–1520, 2013.

SEURING, S.; MÜLLER, M. From a literature review to a conceptual framework for sustainable supply chain management. **Journal of Cleaner Production**, v. 16, n. 15, p. 1699–1710, 2008.

SHADRAM, F. et al. An integrated BIM-based framework for minimizing embodied energy during building design. **ENERGY AND BUILDINGS**, v. 128, p. 592–604, 2016.

SILVESTRI, L. et al. Maintenance transformation through Industry 4.0 technologies: A systematic literature review. **Computers in Industry**, v. 123, n. 1, p. 103335, 2020.

SIMÕES, J. M.; GOMES, C. F.; YASIN, M. M. A literature review of maintenance performance measurement: A conceptual framework and directions for future research. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, v. 17, n. 2, p. 116–137, 2011.

SIMON, M. K. et al. Analyzing the Importance of JabRef Features from the User Perspective. **ZEUS**, p. 47–54, 2019.

SINGH, R. K. et al. An overview of sustainability assessment methodologies. **Ecological Indicators**, v. 9, n. 2, p. 189–212, 2009.

SWANSON, L. An empirical study of the relationship between production technology and maintenance management. **International Journal of Production Economics**, v. 53, n. 2, p. 191–207, 1997.

SYNNESTVEDT, M. B.; CHEN, C.; HOLMES, J. H. CiteSpace II : Visualization and Knowledge Discovery in Bibliographic Databases. **AMIA Annual Symposium Proceedings**, p. 724–728, 2005.

THO, S. W. et al. A Systematic Review of Remote Laboratory Work in Science Education with the Support of Visualizing its Structure through the HistCite and CiteSpace Software. **International Journal of Science and Mathematics Education**, v. 15, n. 7, p. 1217–1236, 2017.

TORTORELLA, G. L.; FETTERMANN, D. Implementation of industry 4.0 and lean production in brazilian manufacturing companies. **International Journal of Production Research**, v. 56, n. 8, p. 2975–2987, 2018.

TSANG, A. H. . A strategic approach to managing maintenance performance. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, v. 4, n. 2, p. 87–94, 1998.

TSANG, A. H. C. Strategic dimensions of maintenance management. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, v. 8, n. 1, p. 7–39, 2002.

TSANG, A. H. C.; JARDINE, A. K. S.; KOLODNY, H. Measuring maintenance performance: a holistic approach. **INTERNATIONAL JOURNAL OF OPERATIONS & PRODUCTION MANAGEMENT**, v. 19, n. 7, p. 691–715, 1999.

UGWU, O. O.; HAUPT, T. C. Key performance indicators and assessment methods for infrastructure sustainability—a South African construction industry perspective. **Building and Environment**, v. 42, n. 2, p. 665–680, 2007.

UNDP. **Human Development Report. Cultural Liberty in Today's Diverse World.** United Nations Development, , 2004.

UNGUREAN, I.; GAITAN, N.-C.; GAITAN, V. G. An IoT architecture for things from industrial environment. **International Conference on Communications (COMM) - IEEE**, v. 2014 10th, p. 1–4, 2014.

UNITED NATIONS. Sustainable Development Goals – United Nations. 2015.

VAIDYA, S.; AMBAD, P.; BHOSLE, S. Industry 4.0 – A Glimpse. **Procedia Manufacturing**, v. 20, p. 233–238, 2018.

VAN HORENBEEK, A.; PINTELON, L. Development of a maintenance performance measurement framework-using the analytic network process (ANP) for maintenance performance indicator selection. **OMEGA-INTERNATIONAL JOURNAL OF MANAGEMENT SCIENCE**, v. 42, n. 1, p. 33–46, 2014.

VELMURUGAN, R. S.; DHINGRA, T. Maintenance strategy selection and its impact in maintenance function: A conceptual framework. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 35, n. 12, p. 1622–1661, 2015.

WAKJIRA, M. W.; SINGH, A. P. Total Productive Maintenance: A Case Study in Manufacturing Industry. **Lean Tools in Apparel Manufacturing: A Volume in The Textile Institute Book Series**, v. 12, n. 1, 2012.

WANG, W.; LU, C. Visualization analysis of big data research based on Citespace. **Soft Computing**, v. 24, n. 11, p. 8173–8186, 2020.

WARREN, J. Key Performance Indicators (KPI)—Definition and Action. **London: ATI**, v. 1, n. 1, p. 12, 2011.

WCED. **Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future.** Development and International Co-operation: Environment. 1987.

WEBER, A. . New math for a new economy. 2000.

WEBER, A.; THOMAS, R. Key Performance Indicators - Measuring and Managing the Maintenance. **Ivara Corporation**, 2005.

WHITE, H. D.; GRIFFITH, B. C. Author cocitation: A literature measure of intellectual structure. **Journal of the American Society for Information Science**, v. 32, n. 3, p. 163–171, 1981.

YADAV, G. et al. A framework to overcome sustainable supply chain challenges through solution measures of industry 4.0 and circular economy: An automotive case. **Journal of Cleaner Production**, v. 254, p. 120112, 2020.

YANG, Z. G.; ZHANG, C. T. **A proposal for a novel impact factor as an alternative to the JCR impact factor** **Scientific Reports**, 2013.

YIN, R. Case study research: Design and methods. **The Canadian Journal of Action Research**, v. 14, n. 1, p. 69–71, 2013.

ZHANG, D. et al. Study on sustainable urbanization literature based on Web of Science, scopus, and China national knowledge infrastructure: A scientometric analysis in CiteSpace. **Journal of Cleaner Production**, v. 264, p. 121537, 2020a.

ZHANG, Q. et al. Outlining the keyword co-occurrence trends in Shuanghuanglian injection research: A bibliometric study using CiteSpace III. **Journal of Traditional Chinese Medical Sciences**, v. 7, n. 2, p. 189–198, 2020b.

ZLATI, M. TPM-total productive maintenance. **Proceedings on Engineering Sciences**, v. 1, n. 2, p. 581–590, 2019.

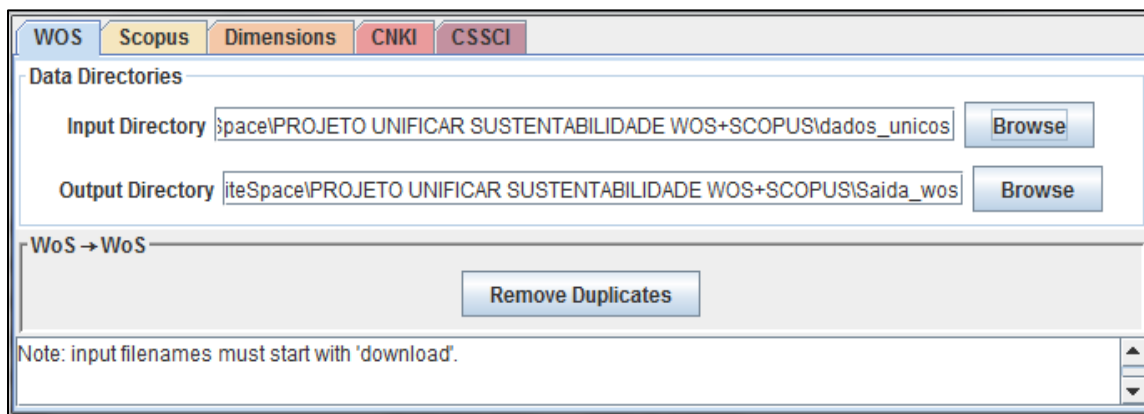
ZONTA, T. et al. Predictive maintenance in the Industry 4.0: A systematic literature review. **Computers & Industrial Engineering**, v. 150, n. 1, p. 106889, 2020.

APÊNDICE A – KPIS DE SUSTENTABILIDADE NA BASE WoS

Este Apêndice tem como principal objetivo apresentar separadamente análises dos dados obtidos por meio das bases WoS e Scopus. A primeira análise é direcionada aos dados da WoS.

Os dados utilizados para a análise de KPIS de Sustentabilidade, foram os mesmos coletados na coleta de dados da seção 2.5, expressos detalhadamente no Apêndice C, na base WoS. Logo, temos que para essa coleta foi gerado um total de 80 trabalhos entre os anos de 2005 a 2020. E ao passar pela conferência de duplicatas, com o intuito de garantir a unicidade das informações, o banco de dados exibe um total de 76 trabalhos. A Figura A. 1 apresenta a tela no software para remoção de duplicatas.

Figura A. 1 - Tela remover duplicatas do software CiteSpace®



Fonte: elaborado a partir do software CiteSpace®.

Com os dados sem duplicidade um novo projeto para análise dos dados poderá ser criado no software, alocando as informações coletadas (*data directory*) e gerando uma pasta (*project home*) para o armazenamento dos resultados obtidos. As demais configurações padrão são mantidas. Essa fase pode ser visualizada por meio da Figura A. 2.

Figura A. 2 - Criação de um novo projeto no software CiteSpace®

The screenshot displays the CiteSpace software interface for creating a new project. The window is titled 'Projeto - Sustentabilidade' and includes a warning: 'To compute uncertainties, use the same project name in MySQL as well.'

Key configuration options visible include:

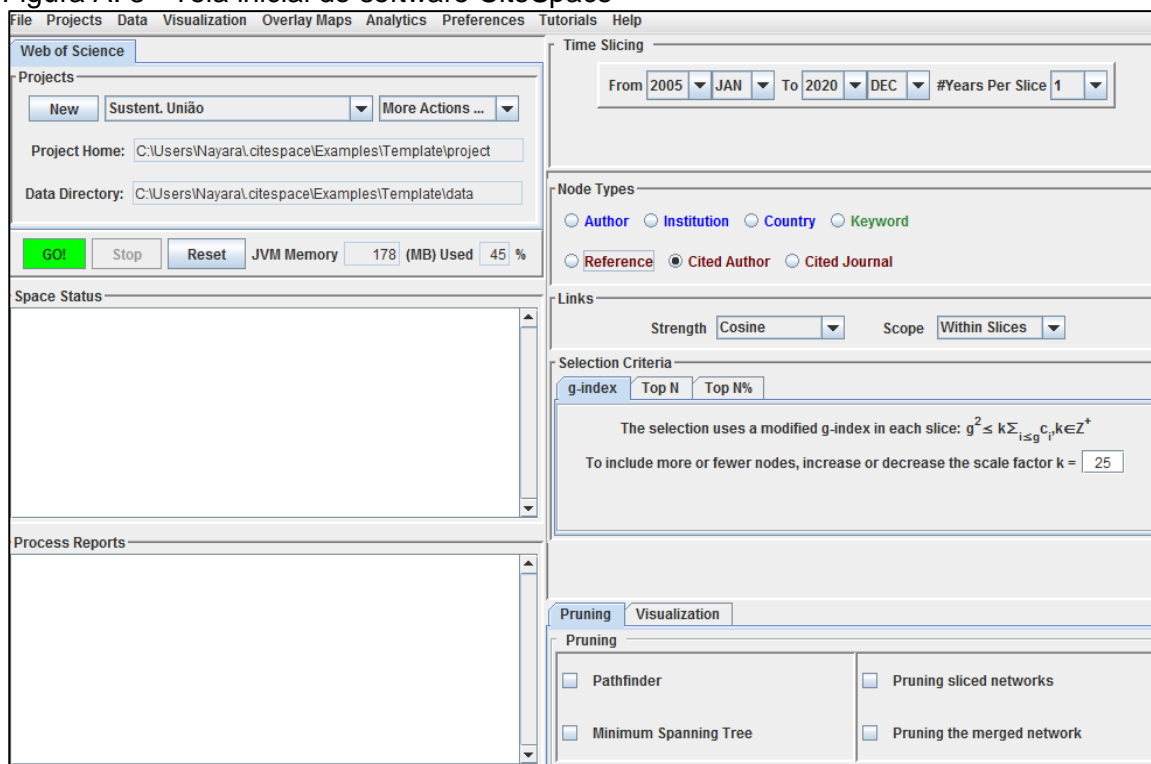
- Title:** Projeto - Sustentabilidade
- Project Home:** C:\Users\Nayara\.citespace\Examples\Template\project
- Data Directory:** C:\Users\Nayara\.citespace\Examples\Template\data
- Data Source:** WoS, Scopus, Lens, MAG, CNKI/WanFang, CSCD, CSSCI, PubMed
- Preferred Language:** English, Chinese
- SO Filter:**
- SC Filter:**
- Alias List (on/off):** on
- Export Space (on/off):** off
- Export Matrices (csv) (off/on):** off
- Save Merged Slice (off/on):** off
- Phrase/Keyword: Maximum Words (4):** 4
- Maximum GML Node Label Length (8):** 8
- Include GP (Group Author) (off/on):** off
- Node Degree Weighted (true):** true
- Link Retaining Factor (LRF)(*N; -1:unlimited):** 3
- Maximum Links Per Node (L/N) (-1:unlimited):** 10
- Filter Refs By Intrinsic Citations:** on
- Use Authors' FullNames:** on
- Normalize Citations Global Check
- Exclusion List (on/off):** on
- Export Abstracts (Time Consuming) (on/off):** on
- Enable JDCI (on/off):** on
- Phrase/Keyword: Minimum Words (2):** 2
- Burst Term Threshold (0.00):** 0.00
- CTSA (1-Disciplines, 2-Sciences) (1):** 1
- Include ED (Editors) (off/on):** off
- Look Back Years (LBY)(-1:unlimited):** 5
- Percentage of Nodes to Label (%):** 1.0
- TopN = {n|f(n) ≥ e}: 1.0**
- Concept Tree Home:** C:\Users\Nayara\.citespace
- Dimensions Endpoint:** https://app.dimensions.ai/

The **Description** field contains the text: 'How did you create the dataset?'. At the bottom, there are **Save** and **Cancel** buttons.

Fonte: elaborado a partir do software CiteSpace®

O CiteSpace® apresenta duas áreas de interação para execução e manipulação de dados, conforme mostrado na Figura A. 3. A primeira área a esquerda exibe campos para a inserção de informações sobre o conjunto de dados que será analisado. A segunda área a direita, possibilita que o usuário realize ajustes relacionados a questões visuais da tela como: intervalo de tempo dos dados, fontes dos termos, tipos de nós e etc (SYNNESTVEDT; CHEN; HOLMES, 2005).

Figura A. 3 - Tela inicial do software CiteSpace®



Fonte: elaborado a partir do software CiteSpace®

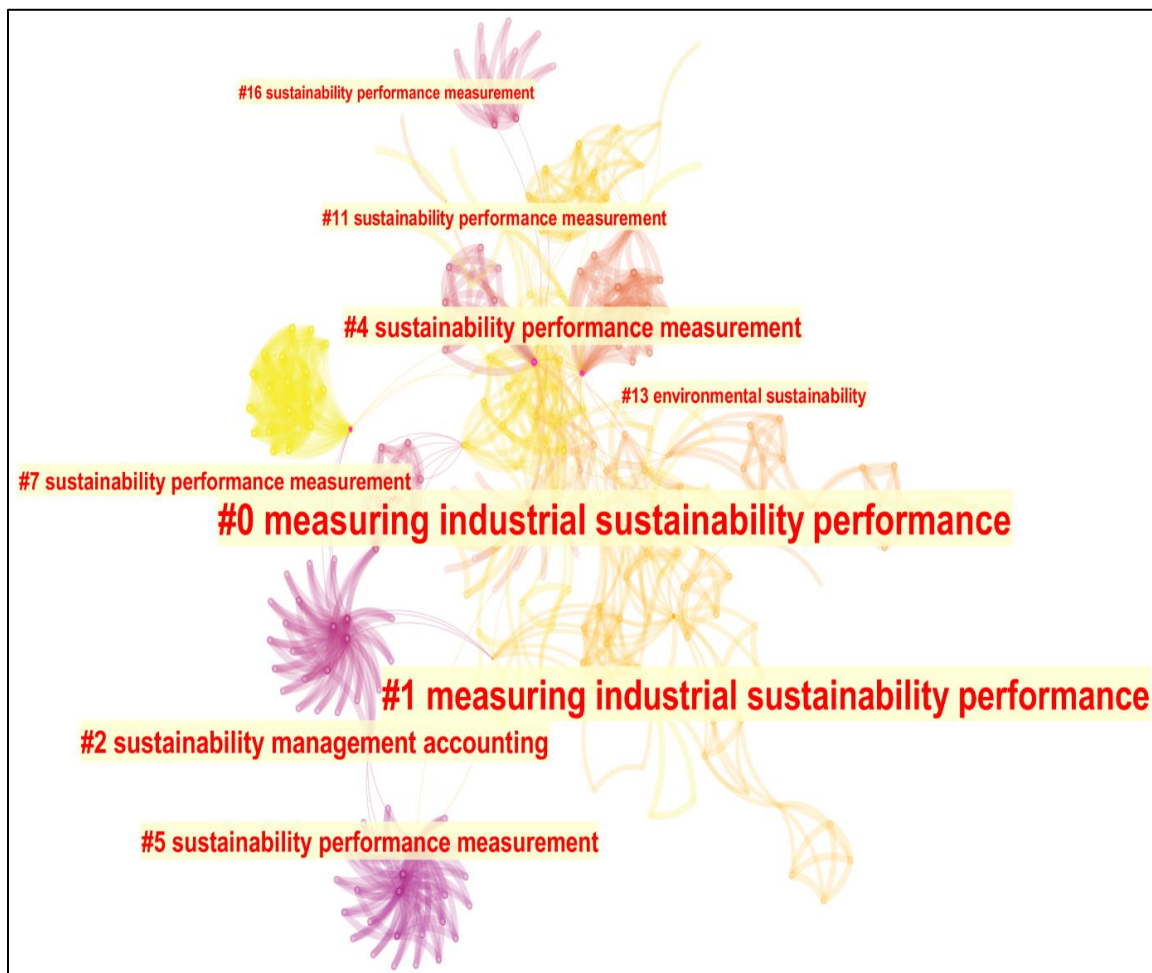
Para essa análise foi atribuído um corte no tempo (*time slicing*) de 2005 a 2020 (período que corresponde a coleta dos dados) e o tipo de nó (*node types*) foi definido como critério de cocitação para autor citado. Em seguida as informações são processadas.

Ao fim desse processamento, é acionado o recurso de ‘encontrar grupos’. Com esse recurso ativado, os valores de *clusters*, ‘modularidade (Q)’ e ‘silhueta significativa (S)’ serão apresentados. Conforme visto no Apêndice C, quanto mais próximos forem de 1 para Q e S, melhores serão os valores e informações resultantes do banco de dados. E para esta análise em questão, o número de *clusters* representam um total de 42 grupos, o Q de 0.8661 e o S de 0.5878. Resultando em valores significativos para o conjunto de dados.

Com essas informações encontradas, é acionada a função de ‘rotular os *clusters* com os termos de título’ seguido de ‘*cluster*: uniformizado / proporcional’. A partir disso, serão apresentadas as principais áreas que estarão acompanhadas pelo símbolo cerquilha (#), e são mostradas de forma sequencial, de acordo com o

tamanho do *cluster*, conforme mostra a Figura A. 4.

Figura A. 4 - Tela de visualização após processamento no software CiteSpace® para dados coletados na WoS



Fonte: elaborado a partir do software CiteSpace®

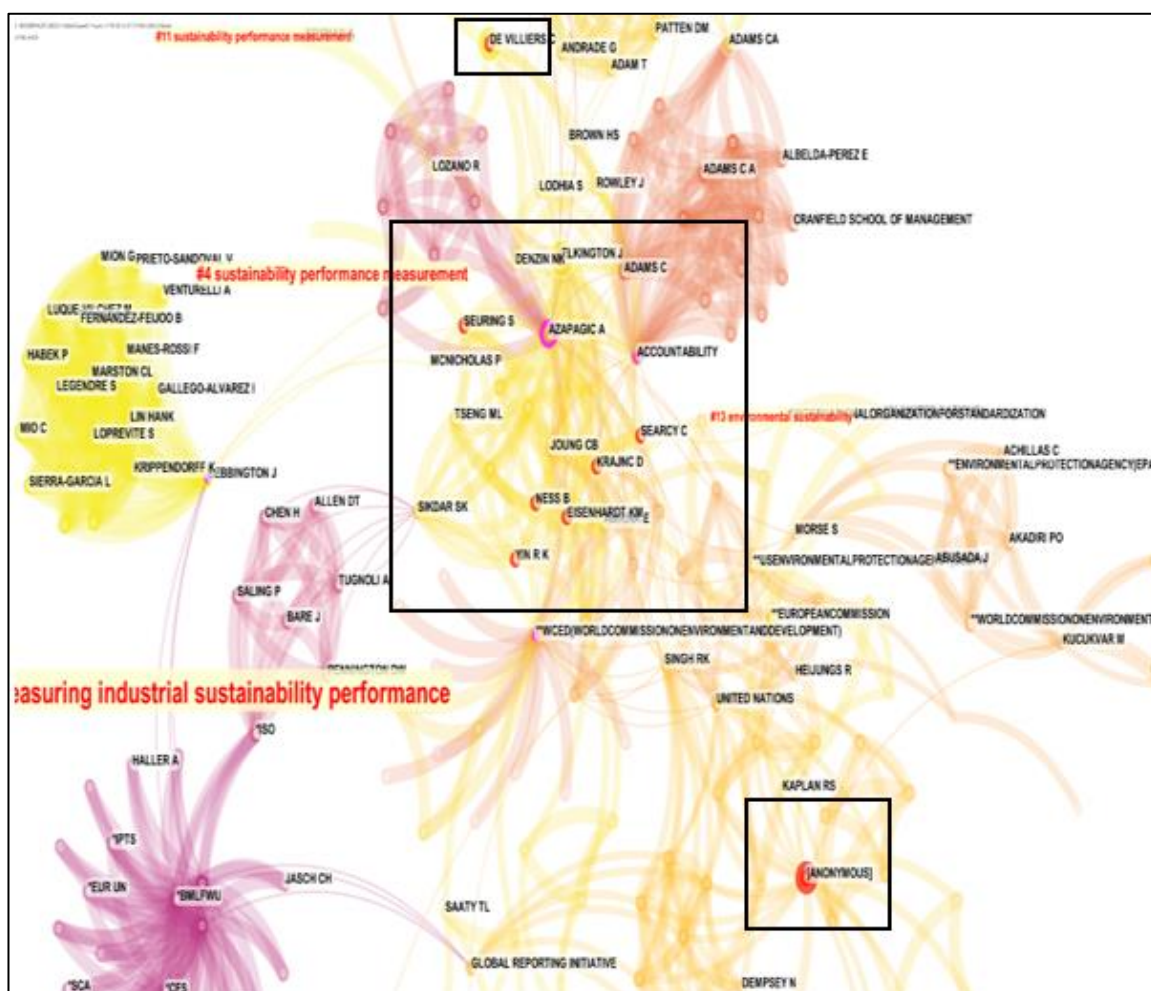
Para os dados coletados da WoS, conforme mostra a Figura A. 4, as principais áreas mostradas são as que os grupos (*clusters*), aparecem com maior evidência sendo as seguintes: #0 measuring industrial sustainability performance (medindo o desempenho da sustentabilidade industrial), #1 measuring industrial sustainability performance (medindo o desempenho da sustentabilidade industrial) e #2 sustainability management accounting (contabilidade de gestão de sustentabilidade).

Conforme visualizado na Figura A. 4, o *cluster* #0 e #1, apresentam o mesmo título. De acordo com análises realizadas, os dois *clusters* apresentam termos, artigos

e referências distintas, o que comprova a similaridade apenas no título, sendo *clusters* diferentes. Essa análise poderá ser visualizada mais adiante, no ‘explorar *clusters*’.

Após o encontro das principais áreas, com o objetivo de obter os autores mais ativos no período mais recente do banco de dados são acionados os recursos: ‘tamanho do nó – histórico do anel de árvore’ e a ‘explosão de frequência de citação’. Como mostra a Figura A. 5, com os nós de explosão em destaque realçados em vermelho.

Figura A. 5 - Seleção do histórico do anel de árvore e explosão de frequência com autores selecionados para KPIs de Sustentabilidade na base WoS



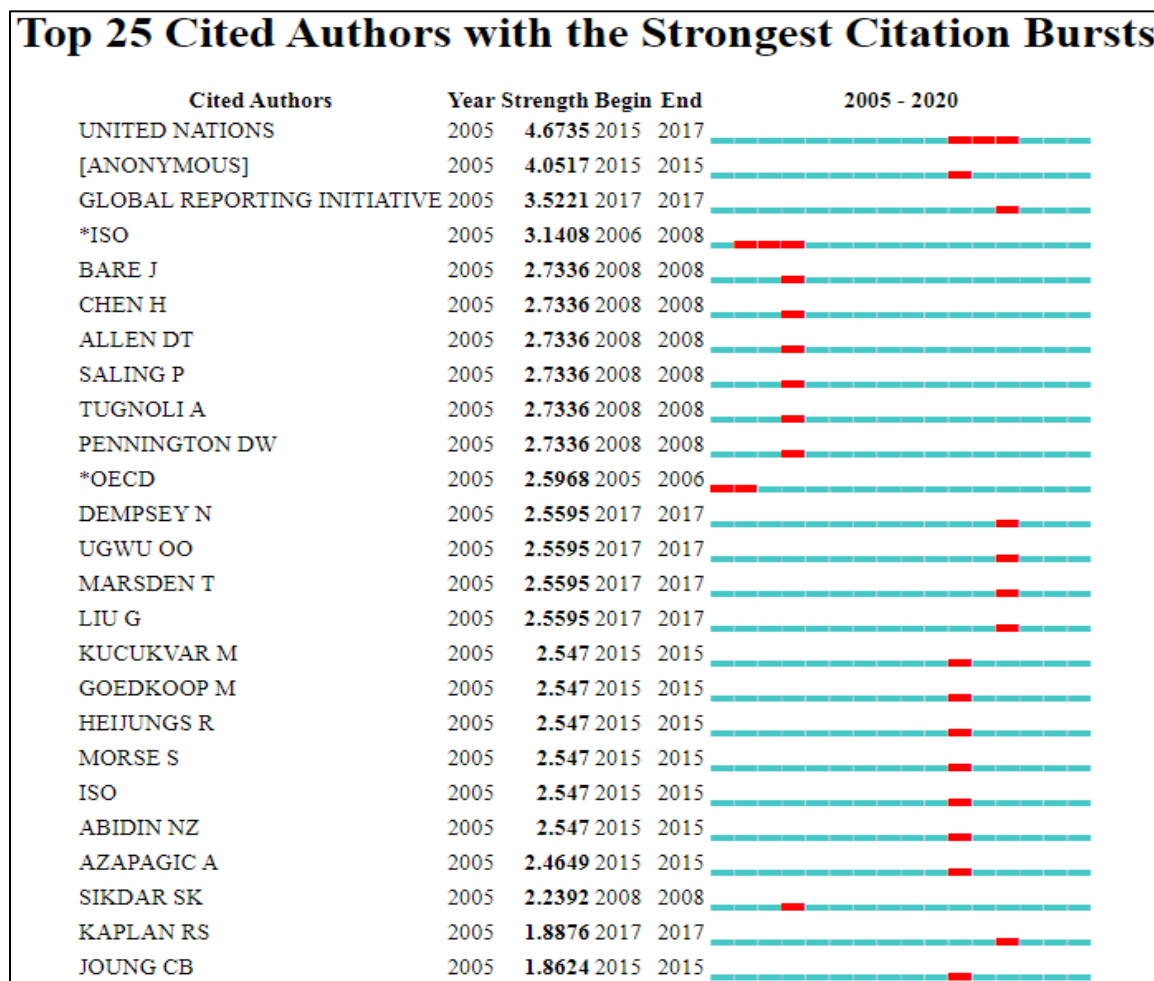
Fonte: elaborado a partir do software CiteSpace®

Para esses dados, como mostrado na Figura A. 5, o CiteSpace® consegue identificar 9 autores com explosões recentes de citação. Sendo os seguintes: Anonymous, De Villiers C. (DE VILLIERS; ROUSE; KERR, 2016), Eisenhardt K. M.

(EISENHARDT, 1989), Elkington J. (ELKINGTON, 1998), Krajnc D. (KRAJNC; GLAVIC, 2005), Ness B. (NESS et al., 2007), Searcy C. (SEARCY; KARAPETROVIC; MCCARTNEY, 2005)S, Seuring S.(SEURING; MÜLLER, 2008), Yin R. K. (YIN, 2013).

Com informações sobre os autores com destaque no período mais atual do banco de dados, uma lista com os autores que tiveram destaque em todo o período da coleta é gerada. A Figura A. 6 apresenta os autores que tiveram aumento significativo no número de publicações referentes a Indicadores de Sustentabilidade na base WoS.

Figura A. 6 - Lista de autores que tiveram o maior número de citações na área de Indicadores de Sustentabilidade na base WoS



Fonte: elaborado a partir do software CiteSpace®

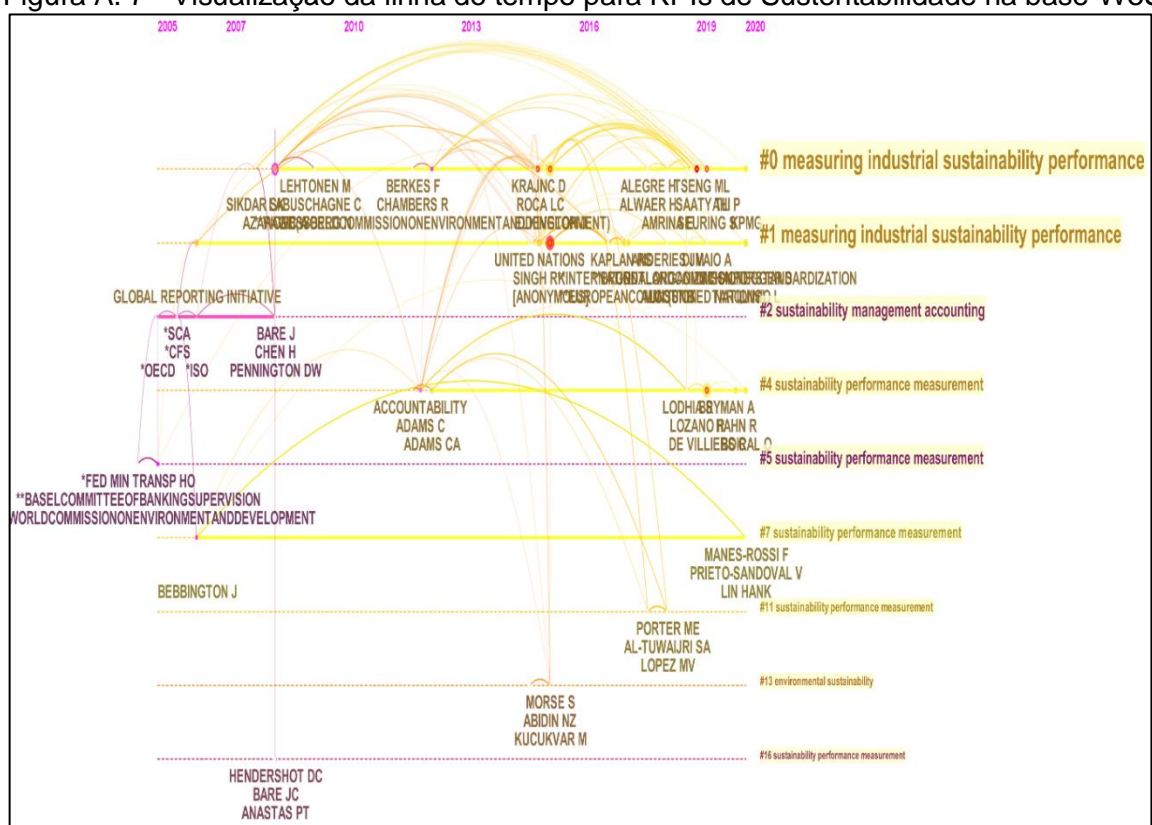
A lista apresentada na Figura A. 6, exibe os autores em ordem crescente de

acordo com a explosão de citações, ficando representado como força (*Strength*). Para esses dados coletados, conseguimos extrair por meio da Figura A. 6 informações como: o início e fim da coleta (2005 – 2020), o início e o fim de explosão de citação de cada autor (*Begin e End*), podendo ser representados também pela linha azul e destaques da explosão em vermelho e a força representada por cada um.

Selecionando como foco a força de citações, como mostrado na Figura A. 6, temos que os três autores mais citados são: United Nations (UNITED NATIONS, 2015), Anonymous, Global Reporting Initiative (GLOBAL REPORTING INITIATIVE, 2013). Entre esses três autores, há um destaque para anônimos (*anonymous*), que conforme visto no Apêndice C, não apresenta informações objetivas e claras do autor, podendo ser retirado da análise.

A partir disso, é gerado a visualização por meio do recurso da ‘linha do tempo’, como mostra a Figura A. 7. Apresentando na tela o surgimento histórico de cada autor, além de, evidenciar aqueles que apresentaram destaque com explosões de citações.

Figura A. 7 - Visualização da linha do tempo para KPIs de Sustentabilidade na base WoS



Fonte: elaborado a partir do software CiteSpace®

O anel que aparece com maior destaque, conforme mostra a Figura A. 7 é referente a Anonymous, e conforme visto anteriormente não será analisado. Portanto, Elkington J. (ELKINGTON, 1998) na tela de visualização da ‘linha do tempo’, é pertencente ao segundo anel com maior destaque.

Com a lista de autores encontrada e com a visualização da ‘linha do tempo’ demonstrada, os *clusters* são explorados individualmente. A Figura A. 8, exhibe de forma geral o ‘explorar *clusters*’, com as telas que serão analisadas a começar por *clusters*.

Figura A. 8 - Explorando os *clusters* para KPIs de Sustentabilidade na base WoS

Select	Cluster ID	Size	Silhouette	mean(Year)	Top Terms (LSI)	Top Terms (log-likelihood ratio, p-1)	Terms (mutual information)
<input type="checkbox"/>	0	56	0.906	2015	german manufacturing; italian; em...	measuring industrial sustainability...	process industry (0.86); social sus...
<input type="checkbox"/>	1	52	0.952	2016	life cycle sustainability assessmen...	measuring industrial sustainability...	sustainability management accou...
<input type="checkbox"/>	2	30	0.967	2006	pilot project on sustainability mana...	sustainability management accoun...	sustainability management accou...
<input type="checkbox"/>	4	26	0.917	2014	key performance indicators; challe...	sustainability performance measur...	global reporting initiative (0.13); de...
<input type="checkbox"/>	5	25	1	2005	...	sustainability performance measur...	integrating health (0.06); sustainab...
<input type="checkbox"/>	7	19	0.994	2019	...	sustainability performance measur...	integrating health (0.06); sustainab...
<input type="checkbox"/>	11	14	0.982	2018	...	sustainability performance measur...	integrating health (0.06); sustainab...
<input type="checkbox"/>	13	13	0.998	2015	environmental sustainability bench...	environmental sustainability (6.87;...	environmental sustainability (0.06);...
<input type="checkbox"/>	16	10	1	2008	...	sustainability performance measur...	integrating health (0.06); sustainab...

Coverage	GCS	LCS	Bibliography

Freq	Burst	Degr.	Centr.	Σ	Page	Keyw.	Author	Year	Title	Source	Vol	Page	Half	DOI	Clust.

Fonte: elaborado a partir do software CiteSpace®

Para esses dados, os principais *clusters* são: 0, 1 e 2. Logo, as análises serão direcionadas a eles. Desse modo, o *cluster* identificado como 0, possui um total de 56 autores citados dentro do *cluster*, uma silhueta de 0.906 demonstrando segurança na associação dos nós e uma média de anos (*mean year*) dos dados de 2015.

Para este *cluster*, a Figura A. 9 apresenta os termos utilizados com suas respectivas silhuetas significativas. Esses termos auxiliarão no encontro de referências direcionadas. E a Figura A. 10, apresenta os artigos encontrados.

Figura A. 9 - Termos do *cluster* 0 com suas respectivas silhuetas para KPIs de Sustentabilidade na base WoS

Label (MI)
process industry (0.86); social sustainability performance indicator (0.86); sustainability management accounting (0.85); s-cycle performance matrix (0.85); pilot project (0.85); global reporting initiative (0.85); technical system (0.85); environmental sustainability (0.85); developing country context (0.85); key performance indicator (0.85); canada metropole (0.85); judgment-based multi-criteria decision (0.85); styrian automobile cluster (0.85); making approach (0.85); supporting comprehensive sustainability performance evaluation (0.85); ulcos technologies (0.66); sustainability performance measurement (0.65); sustainability kpis (0.65); reporting practice (0.65); intellectual capital (0.65); integrated reporting (0.65); agricultural cooperative (0.55); assessing sustainability performance (0.55); selecting sustainability indicator (0.53); urban water system (0.53); gorges project (0.48); coffee industry (0.45); balanced sustainability vision (0.45); measuring industrial sustainability performance (0.43); german manufacturing (0.43); empirical evidence (0.43); medium enterprises (0.43); concrete frame building (0.39); life cycle sustainability assessment (0.39); case study (0.39); storey wood frame (0.39); integrating health (0.34); sustainability indicator (0.34); environmental performance (0.34)

Fonte: elaborado a partir do software CiteSpace®

Figura A. 10 Artigos do *cluster* 0 para KPIs de Sustentabilidade na base WoS

Coverage	GCS	LCS	Bibliography
11	9	1	Trianni, Andrea (2019) Measuring industrial sustainability performance: empirical evidence from italian and german manufacturing small and medium enterprises . JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION, V229, P22 DOI 10.1016/j.jclepro.2019.05.076
10	24	1	Morgan, Te Kipa Kipa Brian (2012) The three gorges project: how sustainable? . JOURNAL OF HYDROLOGY, V460, P12 DOI 10.1016/j.jhydrol.2012.05.008
9	2	1	Marcis, Jaqueline (2019) Model for assessing sustainability performance of agricultural cooperatives . JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION, V234, P16 DOI 10.1016/j.jclepro.2019.06.170
7	4	1	Branca, T-A (2009) A kpi for local community impact of the ulcos technologies . REVUE DE METALLURGIE-CAHIERS D INFORMATIONS TECHNIQUES DOI 10.1051/metal/2009065
6	32	1	Husgafvel, Roope (2015) Social sustainability performance indicators - experiences from process industry . INTERNATIONAL JOURNAL OF SUSTAINABLE ENGINEERING DOI 10.1080/19397038.2014.898711

Fonte: elaborado a partir do software CiteSpace®

Com isso temos que o primeiro artigo dentro do *cluster* 0, apresenta uma cobertura de 11 em um total de 56 referências, e assim sucessivamente. O valor resultante do GCS foi de um total de 9 citações dentro da WoS e o LCS de 1 citação dentro da coleção para o primeiro trabalho. A Figura A. 11 demonstra a janela de ‘referências citadas’ e apresenta de forma detalhada quais são autores que pertencem aos trabalhos alocados no *cluster* 0.

Figura A. 11 - Janela de referências citadas do *cluster* 0 para KPIs de Sustentabilidade na base WoS

Freq	Centrality	Author	Year	Cluster
6	0.01	Roca LC	2015	0
3	0.00	Searcy C	2019	0
1	0.00	**WorldGovernanceInstituteReport	2015	0
1	0.00	Almada-Iobo F	2018	0
2	0.00	Hsu CH	2019	0
1	0.00	Abdel-Basset M	2019	0
1	0.00	ALIEV RA	2015	0
11	0.08	ELKINGTON J	2015	0
1	0.00	ADB	2018	0
2	0.00	Govindan K	2019	0
1	0.00	**OECD(OrganisationforEconomicCo-operationandDevelopment)	2015	0
1	0.00	Buckley R	2012	0
3	0.00	Yin R K	2019	0
1	0.00	Cipm	2012	0
2	0.00	Winroth M	2019	0
1	0.00	**InternationalStandardOrganization	2019	0
4	0.00	Tseng ML	2019	0
1	0.00	*LCS	2009	0
1	0.03	**EEA(EuropeanEnvironmentAgency)	2019	0
2	0.01	Mardani A	2019	0
2	0.00	Chen HH	2019	0
4	0.00	KPMG	2020	0
3	0.00	Ness B	2019	0
7	0.11	Azapagic A	2008	0
1	0.00	Aldrich C	2018	0
1	0.00	*EUR COMM	2009	0
4	0.01	Joung CB	2015	0
4	0.01	Saaty TL	2019	0
2	0.00	Buyukozkan G	2019	0
5	0.01	Seuring S	2019	0
6	0.10	**WCED(WorldCommissiononEnvironmentandDevelopment)	2012	0
1	0.00	VALENTINI R	2009	0
2	0.09	**WorldSteelAssociation	2015	0
1	0.00	**InternationalCooperativeAlliance(ICA)	2019	0
3	0.00	Eisenhardt KM	2019	0
1	0.00	Abarghani M E	2019	0
1	0.00	Daly HE	2012	0
1	0.00	Bruch C	2012	0
1	0.00	Capistrano RCG	2012	0
1	0.00	*UN WORLD SUMM SUS	2009	0
1	0.00	Bristow M	2012	0
2	0.00	Ahi P	2020	0
1	0.00	Anderson L W	2018	0
1	0.00	Lehtonen M	2009	0
1	0.00	**SocialAccountabilityInternational(SA)	2019	0
4	0.04	Sikdar SK	2008	0
1	0.00	Daily GC	2012	0
1	0.00	BERKES F	2012	0
4	0.03	Amrina E	2018	0
1	0.00	Alegre H	2018	0
1	0.00	Labuschagne C	2009	0
2	0.02	Delai I	2019	0
5	0.01	Krajnc D	2015	0
1	0.00	Wessberg N	2009	0
1	0.00	CHAMBERS R	2012	0
1	0.00	ALwaer H	2018	0

Fonte: elaborado a partir do software CiteSpace®

Como visualizado na Figura A. 11, o autor que exibiu maior frequência de ocorrências foi Elkington J. (ELKINGTON, 1998), apresentando também o maior valor de centralidade de 0,08. E como observado nas análises já realizadas, para os demais autores, cujo o valor de centralidade foram iguais a 0, isso indica uma dispersão na área de pesquisa.

O segundo *cluster* identificado como 1, tem um tamanho de 52, totalizando o número de referências dentro deste grupo. A silhueta tem um valor de 0.952 e a média

de anos (*mean year*) desse *cluster* é de 2016. A Figura A. 12 apresenta demonstra os termos que constituem o *cluster* 1, informando individualmente o valor da silhueta. Enquanto que, a Figura A. 13 apresenta os ‘artigos encontrados’.

Figura A. 12 - Termos do *cluster* 1 com suas respectivas silhuetas para KPIs de Sustentabilidade na base WoS

Label (MI)
sustainability management accounting (1.86); pilot project (1.86); global reporting initiative (1.86); environmental sustainability (1.86); developing country context (1.86); key performance indicator (1.86); canada metropole (1.86); process industry (1.86); judgment-based multi-criteria decision (1.86); styrian automobile cluster (1.86); making approach (1.86); social sustainability performance indicator (1.86); s-cycle performance matrix (1.86); technical system (1.86); supporting comprehensive sustainability performance evaluation (1.86); sustainability performance measurement (1.5); ulcos technologies (1.5); reporting practice (1.5); intellectual capital (1.5); sustainability kpis (1.49); integrated reporting (1.49); agricultural cooperative (1.29); assessing sustainability performance (1.29); selecting sustainability indicator (1.28); urban water system (1.28); gorges project (1.15); coffee industry (1.14); balanced sustainability vision (1.14); measuring industrial sustainability performance (1.04); german manufacturing (1.04); empirical evidence (1.04); medium enterprises (1.04); concrete frame building (1.03); life cycle sustainability assessment (1.03); case study (1.03); storey wood frame (1.03); integrating health (0.94); sustainability indicator (0.94); environmental performance (0.94)

Fonte: elaborado a partir do software CiteSpace®

Figura A. 13 - Artigos do *cluster* 1 para KPIs de Sustentabilidade na base WoS

Coverage	GCS	LCS	Bibliography
8	22	1	Mapar, Mahsa (2017) Sustainability indicators for municipalities of megacities: integrating health, safety and environmental performance . ECOLOGICAL INDICATORS, V83, P21 DOI 10.1016/j.ecolind.2017.08.012
6	31	1	Hossaini, Navid (2015) Ahp based life cycle sustainability assessment (lcsa) framework: a case study of six storey wood frame and concrete frame buildings in vancouver . JOURNAL OF ENVIRONMENTAL PLANNING AND MANAGEMENT, V58, P25 DOI 10.1080/09640568.2014.920704
5	9	1	Oshika, Tomoki (2017) Sustainability kpis for integrated reporting . SOCIAL RESPONSIBILITY JOURNAL, V13, P18 DOI 10.1108/SRJ-07-2016-0122
5	12	1	Chhipi-Shrestha, Gyan (2017) Selecting sustainability indicators for small to medium sized urban water systems using fuzzy-electre . WATER ENVIRONMENT RESEARCH, V89, P12 DOI 10.2175/106143016X14798353399494
5	3	1	Hay, L (2017) The s-cycle performance matrix: supporting comprehensive sustainability performance evaluation of technical systems . SYSTEMS ENGINEERING, V20, P26 DOI 10.1002/sys.21378
5	12	1	Samper, Luis F (2017) Towards a balanced sustainability vision for the coffee industry . RESOURCES-BASEL DOI 10.3390/resources6020017

Fonte: elaborado a partir do software CiteSpace®

Com isso, tem-se que o primeiro artigo dentro do *cluster* 1, apresenta uma cobertura de 8 em um total de 52 referências, e assim sucessivamente. O valor resultante do GCS foi de um total de 22 citações na base WoS e o LCS de 1 citação dentro da coleção para o primeiro trabalho.

Diante disso, a janela de ‘referências citadas’ mostrada na Figura A. 14, expõe todos os autores alocados no *cluster* 1. Analisando os autores que apresentaram

destaque, levando em consideração o valor de sua frequência, Anonymous ganha evidência com uma centralidade de 0.08, porém, como já visto, esse nó não será analisado. As demais centralidades apresentaram próximas ao valor 0, o que nos indica uma dispersão da força para essa área de pesquisa. Contudo, os valores maiores a 0, indicam autores que se sobressaem dessa dispersão e que representam uma importância considerável dentro do assunto proposto.

Figura A. 14 - Janela de referências citadas do *cluster* 1 para KPIs de Sustentabilidade na base WoS

Freq	Centrality	Author	Year	Cluster
1	0.01	**KPMGInternational	2017	1
2	0.00	Di Vaio A	2019	1
1	0.00	Anderies JM	2018	1
2	0.01	ISO	2015	1
1	0.00	**PortugueseInstitutefortheConservationofNatureandForests(ICNF)	2019	1
1	0.01	**InternationalCoffeeOrganization(ICO)	2017	1
1	0.00	**CaliforniaEnergyCommission	2017	1
5	0.02	GRI	2017	1
1	0.01	**PublicandinternationalrelationsdepartmentofTehranmunicipality	2017	1
2	0.00	Liu G	2017	1
1	0.00	Abed AR	2017	1
6	0.05	United Nations	2015	1
6	0.09	Singh RK	2015	1
4	0.00	KAPLAN RS	2017	1
1	0.00	**CanadianWaterandWastewaterAssociation	2017	1
1	0.01	**Baltimoreofficeofsustainability	2017	1
1	0.00	**JRCEuropeancommission	2017	1
1	0.01	**ResearchandPlanningCenterofTehran	2017	1
1	0.01	**AmbientetaliaResearchInstitute	2017	1
2	0.00	Ugwu OO	2017	1
4	0.07	Global Reporting Initiative	2006	1
2	0.01	Goedkoop M	2015	1
12	0.08	[Anonymous]	2015	1
2	0.00	Raugei M	2017	1
1	0.00	**ASSC(AccountingStandardsSteeringCommittee)	2017	1
1	0.00	Abeysekera I	2017	1
1	0.00	**EuropeanCommission-JointResearchCentre-InstituteforEnvironmentandS...	2017	1
1	0.00	**BrundtlandCommission	2018	1
2	0.00	**InternationalOrganizationforStandardization	2019	1
1	0.00	**CAC(CementAssociationofCanada)	2015	1
1	0.00	**CanadianStandardsAssociation	2017	1
1	0.00	Acciaro M	2019	1
1	0.01	Abdel-Salam AH	2017	1
1	0.00	**OECD-OrganizationforEconomicCo-operationandDevelopment	2015	1
1	0.00	**YonhapNewsAgency	2017	1
2	0.00	Heijungs R	2015	1
1	0.01	**PanAmericanHealthOrganization	2017	1
2	0.00	UN (United Nations)	2019	1
2	0.01	Dempsey N	2017	1
6	0.02	**EuropeanCommission	2017	1
2	0.00	Marsden T	2017	1
3	0.00	Schaltegger S	2020	1
1	0.00	**USNationalResearchCouncilCommitteeonCriticalMineralImpactsOftheUS...	2017	1
2	0.02	Lee J	2017	1
1	0.01	**NCA(NationalCoffeeAssociationofUSA)	2017	1
1	0.00	**NationalResearchCouncil	2017	1
3	0.00	Tarquinio L	2020	1
1	0.00	**InternationalIntegratedReportingCouncil(IIRC)	2017	1
2	0.01	**USEnvironmentalProtectionAgency(EUSEPA)	2015	1
1	0.00	**AmericanWaterWorksAssociation	2017	1
1	0.00	Alcott B	2018	1
1	0.00	**AthenaSustainableMaterialsInstitute	2015	1

Fonte: elaborado a partir do software CiteSpace®

Para o terceiro *cluster* resultante do banco de dados, identificado como 2 tem

um tamanho de 30, representando o total de autores citados. A silhueta tem um valor de 0.967 e a média de anos (*mean year*) desse *cluster* é de 2006. A Figura A. 15 apresenta os termos constituintes ao *cluster 2*, informando o valor da silhueta individualmente. Enquanto que, a Figura A. 16 apresenta o artigo encontrado.

Figura A. 15 - Termos *cluster 2* com suas respectivas silhuetas para KPIs de Sustentabilidade na base WoS

Label (MI)
sustainability management accounting (0.05); pilot project (0.05); styrian automobile cluster (0.05); s-cycle performance matrix (0.01); global reporting initiative (0.01); technical system (0.01); environmental sustainability (0.01); developing country context (0.01); key performance indicator (0.01); canada metropole (0.01); process industry (0.01); judgment-based multi-criteria decision (0.01); making approach (0.01); social sustainability performance indicator (0.01); supporting comprehensive sustainability performance evaluation (0.01); integrating health (0.01); sustainability indicator (0.01); environmental performance (0.01); concrete frame building (0.01); life cycle sustainability assessment (0.01); measuring industrial sustainability performance (0.01); german manufacturing (0.01); empirical evidence (0.01); case study (0.01); medium enterprises (0.01); storey wood frame (0.01); sustainability performance measurement (0); ulcos technologies (0); sustainability kpis (0); reporting practice (0); intellectual capital (0); integrated reporting (0); gorges project (0); coffee industry (0); balanced sustainability vision (0); selecting sustainability indicator (0); urban water system (0); agricultural cooperative (0); assessing sustainability performance (0)

Fonte: elaborado a partir do software CiteSpace®

Figura A. 16 - Artigo do *cluster 2* para KPIs de Sustentabilidade na base WoS

Coverage	GCS	LCS	Bibliography
23	16	1	Jasch, Christine (2006) Pilot project on sustainability management accounting with the styrian automobile cluster . JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION, V14, P14 DOI 10.1016/j.jclepro.2005.08.007

Fonte: elaborado a partir do software CiteSpace®

Portanto, para o *cluster 2*, conforme visualizado na Figura A. 16, o artigo encontrado apresenta uma cobertura de 23 em um total de 30 referências existentes. O valor resultante do GCS foi de um total de 16 citações dentro da base WoS e o LCS de 1 citação dentro da coleção para o primeiro trabalho. A Figura A. 17 mostra de forma detalhada quais são esses autores, as frequências de ocorrências e suas respectivas centralidades.

Figura A. 17 - Janela de referências citadas para o *cluster 2* para KPIs de Sustentabilidade na base WoS

Freq	Centrality	Author	Year	Cluster
1	0.00	CONSTANZA R	2006	2
2	0.00	Saling P	2008	2
1	0.00	Capros P	2006	2
1	0.00	Bouma J	2006	2
2	0.00	Allen DT	2008	2
2	0.00	Tugnoli A	2008	2
1	0.00	Korhonen J	2006	2
1	0.00	FIGGE F	2006	2
1	0.00	DIMITROFFREGATSH	2006	2
1	0.00	*VERK OST	2006	2
1	0.04	*AMD	2006	2
1	0.00	*LEB	2006	2
1	0.00	JASCH C	2006	2
1	0.04	*AVON	2006	2
2	0.02	*OECD	2005	2
1	0.00	Fischer H	2006	2
1	0.00	IFAC	2006	2
2	0.00	Bare J	2008	2
2	0.00	Chen H	2008	2
1	0.00	*VERB	2006	2
1	0.00	Haller A	2006	2
1	0.00	HIESS H	2006	2
1	0.00	*EUR UN	2006	2
1	0.00	*IPITS	2006	2
1	0.00	Jasch Ch	2006	2
1	0.04	*BMLFWU	2006	2
1	0.00	*SCA	2006	2
2	0.00	Pennington DW	2008	2
3	0.02	*ISO	2006	2
1	0.00	*CFS	2006	2

Fonte: elaborado a partir do software CiteSpace®

De acordo com a Figura A. 17 referente ao *cluster 2*, há uma considerável dispersão da área de pesquisa, assim como os *cluster 0* e *1*, conforme mostram os valores da centralidade em torno de 0. Alguns autores conseguem se sobressair apresentando um valor maior que 0, sendo que estes podem apresentar uma importância significativa dentro do objetivo do estudo.

Assim, considerando as identificações feitas pela análise de cocitações, as principais referências encontradas em dados coletados na base WoS para KPIs de Sustentabilidade são: De Villiers, Rouse e Kerr (2016); Eisenhardt (1989); Elkington (1998); Global Reporting Initiative (2013); Krajnc e Glavic (2005); Ness et al. (2007); Searcy, Karapetrovic e McCartney (2005); Seuring e Muller (2008); United Nations (2015) e Yin (2013).

APÊNDICE B – KPIS DE SUSTENTABILIDADE NA BASE SCOPUS

Com o relatório finalizado na base WoS é iniciado uma análise com os dados obtidos da Scopus. Os dados utilizados para a análise de KPIS de Sustentabilidade, foram os mesmos coletados na seção 2.5, na base Scopus. Logo, temos que para essa coleta foi gerado um total de 125 trabalhos entre os anos de 2003 a 2020. Os dados coletados na base foram convertidos para o formato WoS, sendo o formato padrão do software CiteSpace®, como mostra a Figura B. 1. E posteriormente é verificado a existência de duplicatas, com o intuito de garantir a unicidade das informações, o banco de dados exibe um total de 109 trabalhos.

Figura B. 1 - Tela de conversão do software CiteSpace®

Scopus Data Conversion 5/19/2022

Usage

Step 1: Download data from Scopus

Select all fields and save search results to the RIS format to a folder on your computer.

You may also save as CSV files. Open them in Excel and save them as tab delimited files with filenames starting with the word 'download', e.g. download_tab.txt

Step 2: Use CiteSpace to Convert the data format

Set both input and output directories and then press the corresponding button below

Note

The successful rate of each conversion varies due to irregularities of references in the original Scopus data.

Data Directories

Input Directory

Output Directory

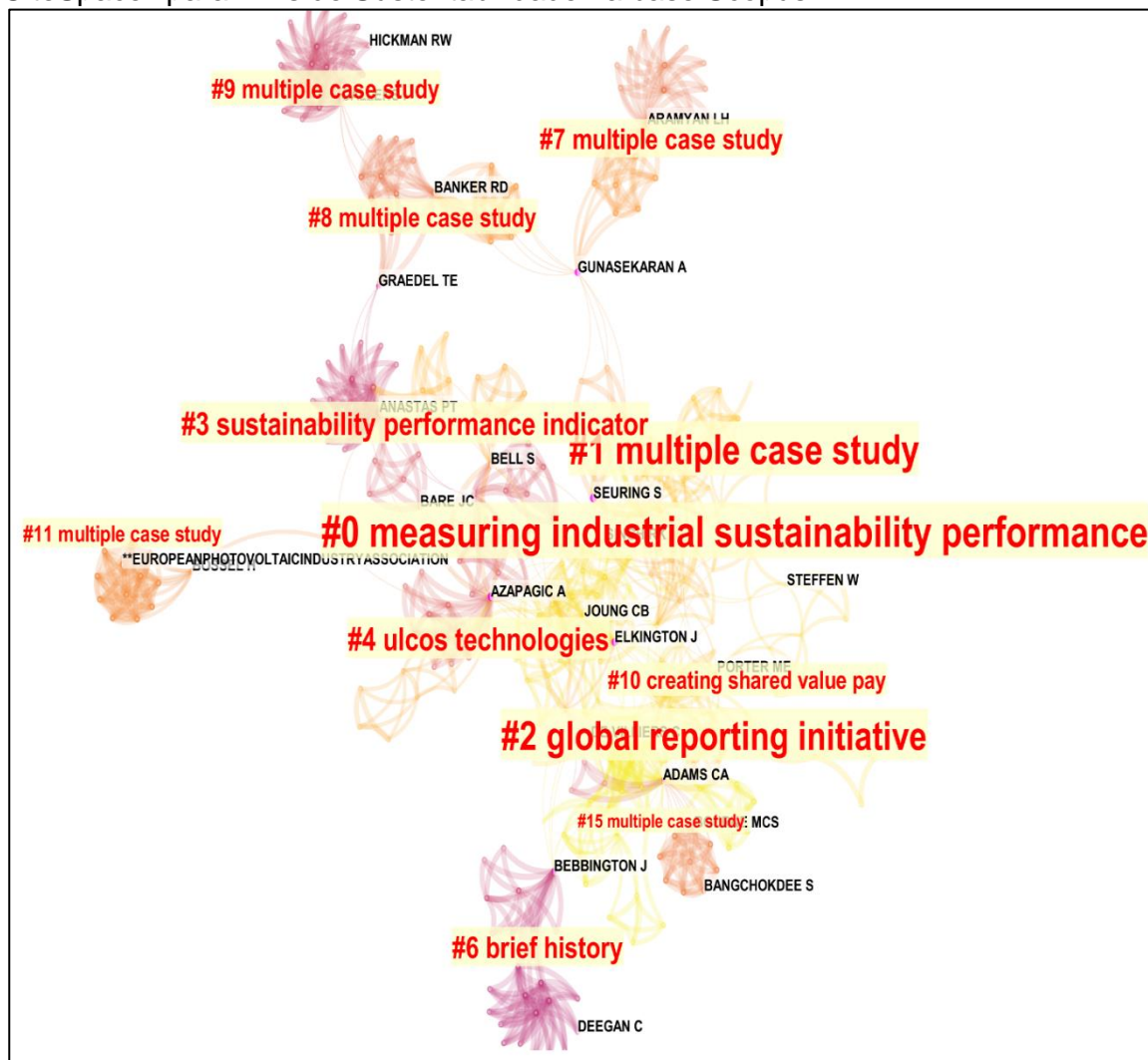
Fonte: elaborado a partir do software CiteSpace®

Após a conversão dos dados e validação da unicidade, as informações são alocadas no software e o tipo de nó, assim como nas análises anteriores é definido com o critério de cocitação para autor citado. E em seguida o processamento foi executado.

Com os dados processados, o recurso ‘encontrar grupos’ é acionado e os valores de *clusters*, ‘modularidade’ e silhueta significativa são encontrados resultando em: 40, 0.8272 e 0.7602, respectivamente. Seguido da classificação dos grupos com os ‘termos do título’.

Após a realização dessas etapas, o redimensionamento do *cluster* pode ser executado, tendo como principal objetivo, a visualização das principais áreas na tela. E para isso é executado o recurso ‘*cluster*: uniformizado / proporcional’, gerando a tela conforme mostra a Figura B. 2.

Figura B. 2 - Tela de visualização após processamento dos dados no software CiteSpace® para KPIs de Sustentabilidade na base Scopus



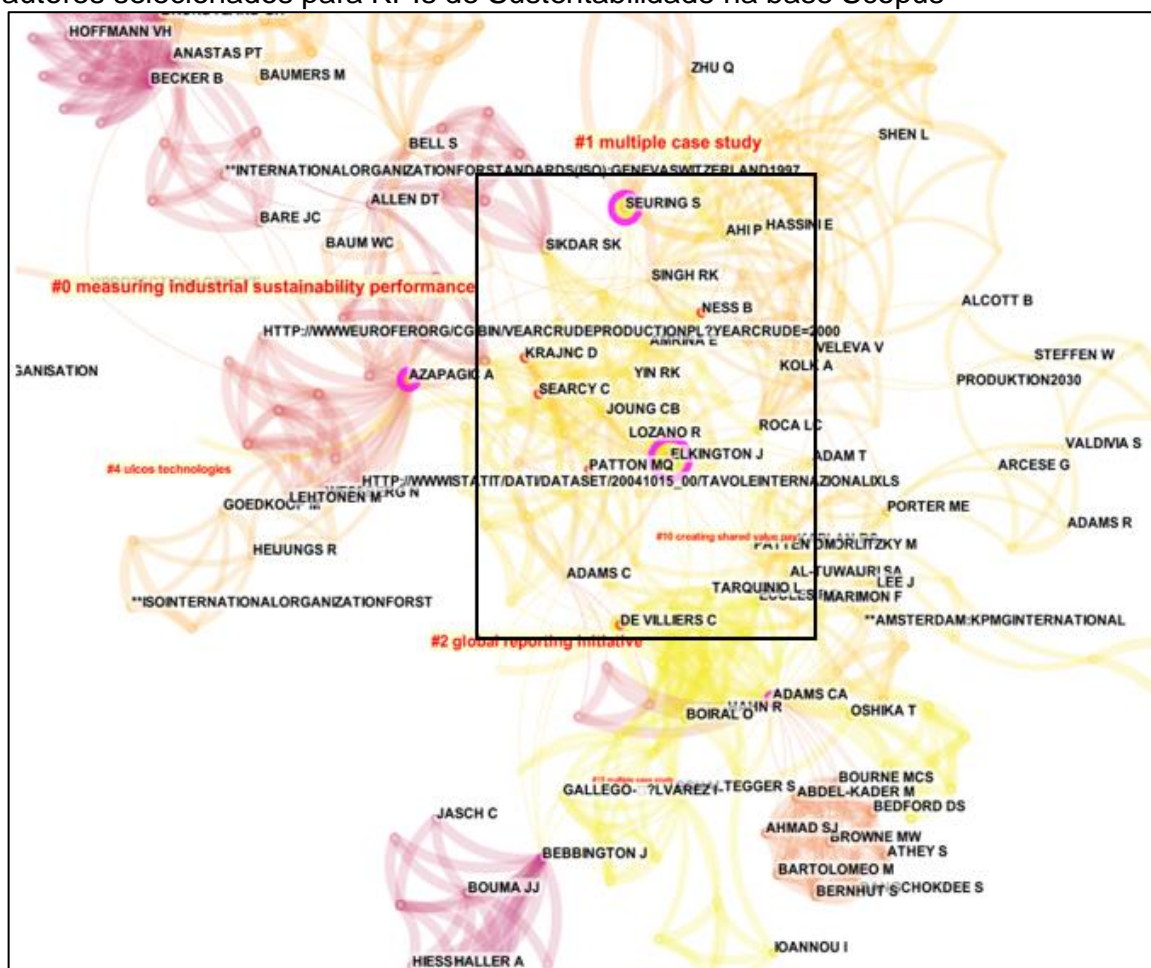
Fonte: elaborado a partir do software CiteSpace®

Logo, tem-se que as principais áreas segundo a Figura B. 2, para os dados

envolvendo KPIs de Sustentabilidade na base Scopus são as seguintes: #0 *measuring industrial sustainability performance* (medindo o desempenho da sustentabilidade industrial), #1 *multiple case study* (estudo de caso múltiplo) e #2 *global reporting initiative* (iniciativa global de Informação).

Após a identificação das áreas mais ativas, o software permite que sejam encontrados autores que possuem destaque nos anos mais recentes dos dados. E com esse objetivo, são utilizados: ‘tamanho do nó’ – ‘histórico do anel de árvore’ (e a ‘explosão de frequência de citação’. Resultando em uma tela como mostra a Figura B. 3.

Figura B. 3 - Seleção do histórico do anel de árvore e explosão de frequência com autores selecionados para KPIs de Sustentabilidade na base Scopus



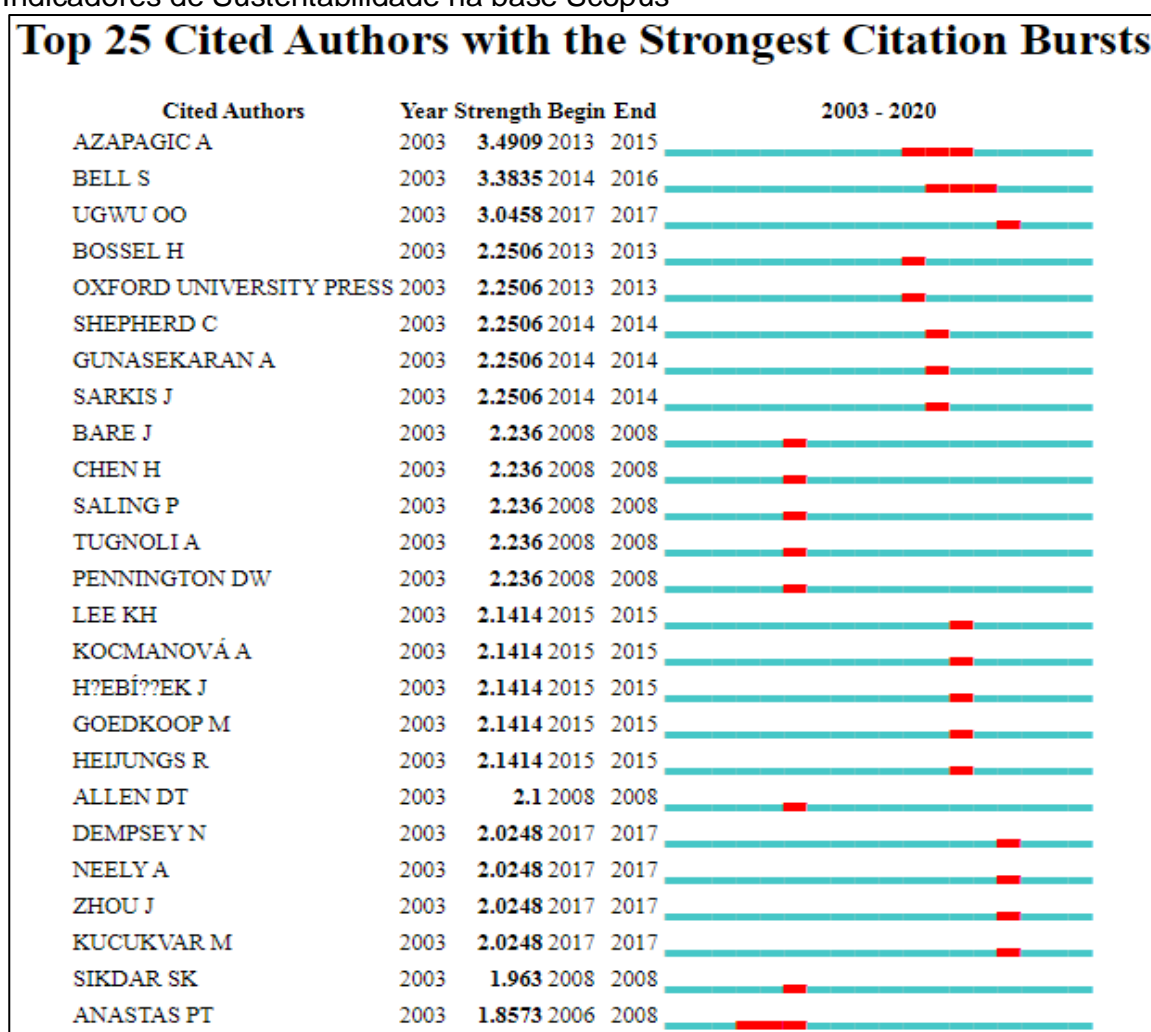
Fonte: elaborado a partir do software CiteSpace®

Desse modo, a Figura B. 3 apresenta um total de 5 autores com explosões de citações no período mais recente do banco de dados. Sendo os seguintes: De Villiers

(DE VILLIERS; ROUSE; KERR, 2016), Krajnc D. (KRAJNC; GLAVIC, 2005), Ness B. (NESS et al., 2007), , Searcy C. (SEARCY; KARAPETROVIC; MCCARTNEY, 2005), Patton M. Q. (PATTON, 1990),.

Além dos autores com explosões recentes, o CiteSpace® também possibilita que sejam encontradas referências que tiveram destaque ao longo de todo período dos dados por meio do histórico de citação/explosão de frequência (*citation/frequency burst history*). Gerando uma lista, apresentada na Figura B. 4.

Figura B. 4 - Lista dos 25 autores que tiveram o maior número de citações na área de Indicadores de Sustentabilidade na base Scopus



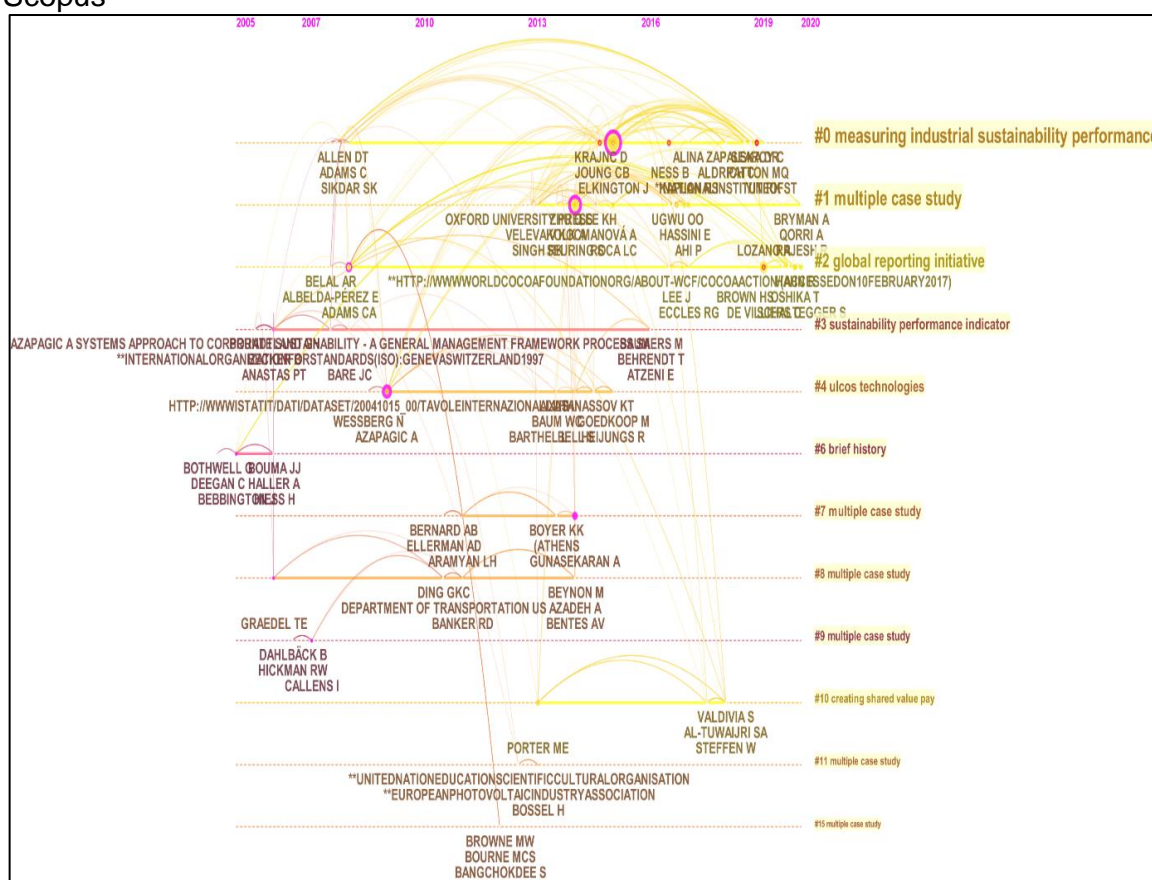
Fonte: elaborado a partir do software CiteSpace®

Contudo, pode-se concluir por meio da Figura B. 4 que os três autores que tiveram maior destaque entre os anos de 2003 a 2020, foram: Azapagic A.

(AZAPAGIC, 2003), Bell S.(BELL, S., MORSE, 2012), Ugwu O. O.(UGWU; HAUPT, 2007). A Figura B. 4, além do valor da força de citação apresentado para cada autor, também demonstra mediante a linha azul e realces em vermelho, durante todo o período de coleta quais foram mais significativos ocorrendo explosões de citações.

Após o encontro desses autores, os dados são visualizados com o recurso gráfico, conhecido como 'linha do tempo'. Essa tela pode ser visualizada na Figura B. 5.

Figura B. 5 - Visualização da linha do tempo para KPIs de Sustentabilidade na base Scopus



Fonte: elaborado a partir do software CiteSpace®

Com a lista de autores encontrada e com a visualização da linha do tempo demonstrada, os *clusters* 0, 1 e 2 serão analisados separadamente. Iniciando por meio da Figura B. 6, apresentando a tela principal do 'explorador de *cluster*'.

Figura B. 6 - Explorando os *clusters* para KPIs de Sustentabilidade na base Scopus

Select	Cluster ID	Size	Silhouette	mean(Year)	Top Terms (LSI)	Top Terms (log-likelihood ratio, p-...	Terms (mutual information)
<input type="checkbox"/>	0	50	0.894	2015	key performance indicators; role; s...	measuring industrial sustainability...	assessing sustainability performa...
<input type="checkbox"/>	1	45	0.877	2016	supply chains; grey; sustainability...	multiple case study (10.11, 0.005)...	sustainability performance predict...
<input type="checkbox"/>	2	43	0.89	2018	key performance indicators; challe...	global reporting initiative (13.34, 0...	including sustainability disclosure ...
<input type="checkbox"/>	3	27	0.984	2008	sustainability performance indicato...	sustainability performance indicato...	sustainability performance indicato...
<input type="checkbox"/>	4	27	0.918	2012	environmental sustainability; cana...	ulcos technologies (12.9, 0.001); e...	ulcos technologies (0.07); environ...
<input type="checkbox"/>	6	24	0.995	2005	sustainability accounting - a brief hi...	brief history (7.84, 0.01); conceptua...	brief history (0.04); conceptual fra...
<input type="checkbox"/>	7	22	1	2012	...	multiple case study (1.0); carbo...	key performance indicator (0.07); ...
<input type="checkbox"/>	8	19	0.95	2012	...	multiple case study (1.0); carbo...	key performance indicator (0.07); ...
<input type="checkbox"/>	9	19	0.985	2007	...	multiple case study (1.0); carbo...	key performance indicator (0.07); ...
<input type="checkbox"/>	10	16	0.975	2017	sustainable development; field; life...	creating shared value pay (13.81, 0...	creating shared value pay (0.07); y...
<input type="checkbox"/>	11	14	0.963	2013	...	multiple case study (1.0); carbo...	key performance indicator (0.07); ...
<input type="checkbox"/>	15	9	0.977	2012	...	multiple case study (1.0); carbo...	key performance indicator (0.07); ...

Fonte: elaborado a partir do software CiteSpace®

Logo, o primeiro *cluster* como mostra a Figura B. 6, identificado pelo numeral 0, possui um tamanho de 50, o que representa o total de referências existentes neste grupo. Uma silhueta de 0.894 e uma média de anos (mean year) de 2015.

Os termos mostrados superficialmente na Figura B. 6 são ampliados na Figura B. 7 e mostrado detalhadamente cada um com o seu respectivo valor de silhueta. E em seguida os artigos encontrados serão apresentados por meio da Figura B. 8.

Figura B. 7 - Termos do *cluster* 0 com suas respectivas silhuetas para KPIs de Sustentabilidade na base Scopus

Label (MI)
assessing sustainability performance (0.93); sustainability performance indicator (0.92); sustainability performance prediction (0.92); including sustainability disclosure (0.92); environmental sustainability (0.92); theoretical approaches (0.92); brief history (0.92); rough set (0.92); youth competence (0.92); conceptual framework (0.92); canada metropole (0.92); sustainability accounting (0.92); supply chain (0.92); judgment-based multi-criteria decision (0.92); making approach (0.92); lifecycle approach (0.92); sustainable development (0.92); south african integrated report (0.92); good sustainability (0.72); engaging employee (0.72); dry port (0.72); ulcos technologies (0.71); mandatory disclosure (0.71); food machinery industry (0.71); creating shared value pay (0.71); corporate sustainability (0.71); financial performance (0.71); case study (0.71); fuzzy logic-based tool (0.71); key sustainability performance indicator analysis (0.59); global reporting initiative (0.59); developing country context (0.59); czech breweries (0.59); hydrogen production (0.53); sustainability assessment (0.53); carbon fiber (0.5); key sustainability performance indicator (0.5); related assessment method (0.5); recycling sector (0.5); measuring industrial sustainability performance (0.47); german manufacturing (0.47); empirical evidence (0.47); medium enterprises (0.47); selecting sustainability indicator (0.44); urban water system (0.44); multiple case study (0.39); sustainability performance assessment framework (0.39); key performance indicator (0.31)

Fonte: elaborado a partir do software CiteSpace®

Figura B. 8 - Artigos do *cluster* 0 para KPIs de Sustentabilidade na base Scopus

Coverage	GCS	LCS	Bibliography
14	13	1	Trianni, A (2019) Measuring industrial sustainability performance: empirical evidence from italian and german manufacturing small and medium enterprises . Journal of Cleaner Production, V229, P22 DOI 10.1016/j.jclepro.2019.05.076
10	45	1	Tugnoli, A (2008) Sustainability assessment of hydrogen production by steam reforming . International Journal of Hydrogen Energy, V33, P13 DOI 10.1016/j.ijhydene.2008.06.011
7	10	1	Hristov, I (2019) The role of sustainability key performance indicators (kpis) in implementing sustainable strategies . Sustainability (Switzerland) DOI 10.3390/su11205742
6	4	1	Marcis, J (2019) Model for assessing sustainability performance of agricultural cooperatives . Journal of Cleaner Production, V234, P16 DOI 10.1016/j.jclepro.2019.06.170
6	3	1	Hui, FKP (2019) Engaging employees with good sustainability: key performance indicators for dry ports . Sustainability (Switzerland) DOI 10.3390/su11102967

Fonte: elaborado a partir do software CiteSpace®

A cobertura como já visto indicará quantas referências equivalentes os artigos encontrados possuem das referências existentes no *cluster*. Logo, o primeiro artigo encontrado, conforme mostra a Figura B. 8, é composto de uma cobertura de 14 referências em um total de 50 existentes no *cluster*, e assim sucessivamente. O valor resultante do GCS foi de um total de 13 citações na base Scopus e o LCS de 1 citação dentro da coleção para o primeiro trabalho. A Figura B. 9, demonstra a janela de referências citadas e apresenta de forma detalhada quais são autores que pertencem aos trabalhos alocados no *cluster* 0.

Figura B. 9 - Janela de referências citadas do *cluster 0* para KPIs de Sustentabilidade na base Scopus

Freq	Centrality	Author	Year	Cluster
3	0.00	Searcy C	2019	0
1	0.00	Almada-Lobo F	2018	0
1	0.00	Biesheuvel PM	2008	0
2	0.00	Saling P	2008	0
1	0.01	Ahmad S	2019	0
2	0.01	Epstein MJ	2019	0
2	0.01	Di Vaio A	2019	0
13	0.21	Elkington J	2015	0
2	0.00	Govindan K	2019	0
3	0.04	Allen DT	2008	0
2	0.00	Tugnoli A	2008	0
1	0.01	**IntermodalWhitePaperhttps://centerpointcom/expertise/industrial-rea...	2019	0
2	0.01	Dubey R	2019	0
6	0.04	Kaplan RS	2017	0
2	0.00	Winroth M	2019	0
3	0.00	Patton MQ	2019	0
2	0.00	Rowley J	2019	0
2	0.00	Denzin NK	2019	0
1	0.06	Adams WM	2019	0
1	0.00	Abdi H	2019	0
1	0.06	**INTERNATIONALDOCUMENTSONCORPORATERESPONSIBILITY	2019	0
1	0.00	Aasberg-Petersen K	2008	0
5	0.01	Ness B	2017	0
1	0.00	Alina Zapalska DR	2018	0
1	0.00	Aldrich C	2018	0
1	0.00	Adhikari S	2008	0
6	0.04	Joung CB	2015	0
2	0.00	Bare J	2008	0
2	0.00	Chen H	2008	0
1	0.01	Acciaro M	2019	0
2	0.01	Eisenhardt KM	2019	0
4	0.00	Yin RK	2019	0
2	0.00	Nunez SA	2019	0
1	0.00	Bargigli S	2008	0
1	0.00	**NATIONALINSTITUTEOFST	2018	0
1	0.00	Ahmed S	2008	0
2	0.04	Afgan NH	2008	0
2	0.00	Wiegmans B	2019	0
2	0.00	Lodhia S	2019	0
4	0.02	Sikdar SK	2008	0
5	0.01	Amrina E	2015	0
2	0.01	Feng M	2019	0
1	0.00	Abarghani ME	2019	0
2	0.00	Büyükoçkan G	2019	0
1	0.00	Adrian JL	2019	0
2	0.01	Delai I	2019	0
1	0.00	Armstrong CM	2015	0
5	0.01	Krajnc D	2015	0
2	0.00	Pennington DW	2008	0
3	0.08	Adams C	2008	0

Fonte: elaborado a partir do software CiteSpace®

Conforme visualizado na Figura B. 9 o autor que apresentou maior destaque foi Elkington J. (ELKINGTON, 1998). Enquanto que, os demais valores iguais ou muito próximos a 0, caracterizam uma dispersão na área estudada.

O segundo *cluster* identificado por 1, possui tamanho de 45, silhueta de 0.877 e uma média de anos (mean year) de 2016. A Figura B. 10 apresenta detalhadamente os termos que constituem o *cluster 1*, informando de forma individual o valor da silhueta. Enquanto que, a Figura B. 11 apresenta os artigos encontrados para este grupo.

Figura B. 10 - Termos do *cluster* 1 com suas respectivas silhuetas para KPIs de Sustentabilidade na base Scopus

Label (MI)
sustainability performance prediction (1.47); theoretical approaches (1.47); rough set (1.47); supply chain (1.47); sustainability performance indicator (1.47); including sustainability disclosure (1.47); environmental sustainability (1.47); brief history (1.47); youth competence (1.47); conceptual framework (1.47); canada metropole (1.47); sustainability accounting (1.47); judgment-based multi-criteria decision (1.47); making approach (1.47); lifecycle approach (1.47); sustainable development (1.47); assessing sustainability performance (1.47); south african integrated report (1.47); food machinery industry (1.18); corporate sustainability (1.18); case study (1.18); fuzzy logic-based tool (1.18); ulcos technologies (1.17); mandatory disclosure (1.17); good sustainability (1.17); creating shared value pay (1.17); financial performance (1.17); engaging employee (1.17); dry port (1.17); key sustainability performance indicator analysis (1.01); czech breweries (1.01); global reporting initiative (1); developing country context (1); carbon fiber (0.89); key sustainability performance indicator (0.89); related assessment method (0.89); recycling sector (0.89); hydrogen production (0.88); sustainability assessment (0.88); selecting sustainability indicator (0.8); urban water system (0.8); measuring industrial sustainability performance (0.79); german manufacturing (0.79); empirical evidence (0.79); medium enterprises (0.79); multiple case study (0.73); sustainability performance assessment framework (0.73); key performance indicator (0.61)

Fonte: elaborado a partir do software CiteSpace®

Figura B. 11 - Artigos do *cluster* 1 para KPIs de Sustentabilidade na base Scopus

Coverage	GCS	LCS	Bibliography
9	0	1	Saeed, MA (2020) Sustainability performance assessment framework: a cross-industry multiple case study . International Journal of Sustainable Development and World Ecology, V27, P19 DOI 10.1080/13504509.2020.1764407
7	12	1	Pillain, B (2017) Identification of key sustainability performance indicators and related assessment methods for the carbon fiber recycling sector . Ecological Indicators, V72, P15 DOI 10.1016/j.ecolind.2016.08.056
7	14	1	Chhipi-Shrestha, G (2017) Selecting sustainability indicators for small to medium sized urban water systems using fuzzy-electre . Water Environment Research, V89, P12 DOI 10.2175/106143016X14798353399494
5	3	1	Kasem, E (2015) Key sustainability performance indicator analysis for czech breweries . Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis DOI 10.11118/actaun201563061937
5	0	1	Rajesh, R (2020) Sustainability performance predictions in supply chains: grey and rough set theoretical approaches . Annals of Operations Research DOI 10.1007/s10479-020-03835-x
5	17	1	Bottani, E (2017) A fuzzy logic-based tool for the assessment of corporate sustainability: a case study in the food machinery industry . Sustainability (Switzerland) DOI 10.3390/su9040583

Fonte: elaborado a partir do software CiteSpace®

Com isso, segundo a Figura B. 11, para o primeiro artigo dentro do *cluster* 1, a cobertura apresenta um valor de 9 em um total de 45 referências, e assim sucessivamente. O valor resultante do GCS foi de um total de 0 na base Scopus e o LCS de 1 citação dentro da coleção para o primeiro trabalho.

A janela de referências citadas, mostra de forma detalhada quais são os autores que pertencem aos trabalhos alocados no *cluster* 1. A Figura B. 12, apresenta quais são esses autores, as frequências de ocorrências e suas respectivas centralidades.

Figura B. 12 - Janela de referências citadas do *cluster* 1 para KPIs de Sustentabilidade na base Scopus

Freq	Centrality	Author	Year	Cluster
7	0.04	Roca LC	2015	1
2	0.00	Zadeh L	2017	1
1	0.00	Aliev RA	2015	1
6	0.02	Zhu Q	2014	1
2	0.04	Foxon TJ	2017	1
1	0.00	**WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT	2017	1
2	0.00	Bryman A	2020	1
1	0.00	**European Commission 2014 Report on critical raw materials for the EUR...	2017	1
2	0.00	Liu G	2017	1
1	0.00	Abed AR	2017	1
2	0.00	Qorri A	2020	1
8	0.08	Singh RK	2013	1
2	0.00	Sarkis J	2014	1
2	0.00	Hřebík J	2015	1
2	0.00	Zhou J	2017	1
1	0.00	**CALIFORNIA ENERGY COMMISSION PREPARED BY NAVIGANT CONS...	2017	1
2	0.00	OXFORD UNIVERSITY PRESS	2013	1
6	0.01	Kolk A	2014	1
2	0.00	Rajesh R	2020	1
2	0.00	Lee KH	2015	1
1	0.00	**http://www.cspas.cz/CspsCzechBeerandMaltAssociation(CBMA)2014[...	2015	1
3	0.00	Ugwu OO	2017	1
6	0.04	Veleva V	2013	1
2	0.00	Raugei M	2017	1
10	0.21	Seuring S	2014	1
1	0.00	**NATIONAL RESEARCH COUNCIL NATIONAL RESEARCH COUNCIL...	2017	1
1	0.00	**HTTP://ASSETS.KPMG.COM/CONTENT/DAM/KPMG/PDF/2016/02/KP...	2020	1
1	0.00	**JR European Commission LCD Handbook: Recommendations for Lif...	2017	1
1	0.01	Abdel-Salam AH	2017	1
2	0.00	Kocmanová A	2015	1
5	0.02	Hassini E	2017	1
1	0.00	**ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY WASHINGTON US	2017	1
2	0.02	Chen Z	2017	1
2	0.00	HTTPS://WWW.GLOBALREPORTING.ORG/ST	2017	1
2	0.01	Dempsey N	2017	1
6	0.03	Ahi P	2017	1
2	0.00	Neely A	2017	1
2	0.01	Kucukvar M	2017	1
2	0.00	Kim S	2017	1
1	0.00	Adler N	2015	1
2	0.00	Shepherd C	2014	1
1	0.00	Achzet B	2017	1
1	0.00	**AMERICAN WATERWORKS ASSOCIATION	2017	1
4	0.01	Lozano R	2019	1
2	0.00	Shen L	2017	1

Fonte: elaborado a partir do software CiteSpace®

Analisando a Figura B. 12 o autor que apresentou maior destaque tanto no valor da frequência quanto da centralidade foi Seuring S. (SEURING; MÜLLER, 2008). E como já visto, as demais centralidades apresentaram próximas ao valor 0, o que nos indica uma dispersão da força para essa área de pesquisa. Contudo, os valores maiores a 0, indicam autores que se sobressaem dessa dispersão e que representam uma importância considerável dentro do assunto proposto.

Para o terceiro *cluster* resultante do banco de dados, identificado como 2 tem um tamanho de 43, uma silhueta com valor de 0.890, e a média de anos (mean year) desse *cluster* é de 2018. A Figura B. 13 apresenta detalhadamente os termos que constituem o *cluster 2*, informando de forma individual o valor da silhueta. Enquanto que, a Figura B. 14 apresenta os artigos encontrados para este grupo de termos.

Figura B. 13 - Termos *cluster 2* com suas respectivas silhuetas para KPIs de Sustentabilidade na base Scopus

Label (MI)
including sustainability disclosure (0.23); south african integrated report (0.23); sustainability performance indicator (0.22); sustainability performance prediction (0.22); environmental sustainability (0.22); theoretical approaches (0.22); brief history (0.22); rough set (0.22); youth competence (0.22); conceptual framework (0.22); canada metropole (0.22); sustainability accounting (0.22); supply chain (0.22); judgment-based multi-criteria decision (0.22); making approach (0.22); lifecycle approach (0.22); sustainable development (0.22); assessing sustainability performance (0.22); mandatory disclosure (0.18); financial performance (0.18); global reporting initiative (0.15); developing country context (0.15); ulcos technologies (0.14); good sustainability (0.14); food machinery industry (0.14); creating shared value pay (0.14); corporate sustainability (0.14); engaging employee (0.14); case study (0.14); fuzzy logic-based tool (0.14); dry port (0.14); key sustainability performance indicator analysis (0.1); czech breweries (0.1); carbon fiber (0.08); hydrogen production (0.08); key sustainability performance indicator (0.08); sustainability assessment (0.08); related assessment method (0.08); recycling sector (0.08); selecting sustainability indicator (0.06); urban water system (0.06); measuring industrial sustainability performance (0.06); german manufacturing (0.06); empirical evidence (0.06); medium enterprises (0.06); multiple case study (0.05); sustainability performance assessment framework (0.05); key performance indicator (0.04)

Fonte: elaborado a partir do software CiteSpace®

Figura B. 14 - Artigo do *cluster 2* para KPIs de Sustentabilidade na base Scopus

Coverage	GCS	LCS	Bibliography
20	1	1	Loprevite, S (2020) Kpis reporting and financial performance in the transition to mandatory disclosure: the case of italy. Sustainability (Switzerland) DOI 10.3390/su12125195
20	0	1	Dissanayake, D (2020) Sustainability key performance indicators and the global reporting initiative: usage and challenges in a developing country context. Meditari Accountancy Research DOI 10.1108/MEDAR-08-2019-0543
13	1	1	Herbert, S (2020) Application of principles from the international ir > framework for including sustainability disclosures within south african integrated reports. South African Journal of Accounting Research DOI 10.1080/10291954.2020.1778828

Fonte: elaborado a partir do software CiteSpace®

O valor da cobertura do primeiro artigo do *cluster 2* como demonstra a Figura B. 14 é de 20 em um total de 43 referências existentes no *cluster*. O valor resultante do GCS foi de um total de 1 citações na base Scopus e o LCS de 1 citação dentro da coleção para o primeiro trabalho.

A Figura B. 15, mostra de forma detalhada quais são esses autores, as frequências de ocorrências e suas respectivas centralidades.

Figura B. 15 - Janela de referências citadas para o *cluster 2* para KPIs de Sustentabilidade na base Scopus

Freq	Centrality	Author	Year	Cluster
3	0.00	Ioannou I	2020	2
2	0.00	Aureli S	2020	2
1	0.01	**EU.COMMISSION.BRUSSELS	2020	2
2	0.00	Jackson G	2020	2
2	0.00	Barkemeyer R	2020	2
3	0.00	Boiral O	2020	2
2	0.01	Dumay J	2020	2
2	0.00	Dissanayake D	2020	2
1	0.00	ACCOUNTING ST	2017	2
1	0.00	**INTERNATIONALINTEGRATEDREPORTINGCOUNCIL(IIRC)IIRC	2017	2
1	0.01	**HTTP://INTEGRATEDREPORTINGORG/RESOURCE/INTERNATION...	2020	2
6	0.01	De Villiers C	2019	2
2	0.00	Thoradeniya P	2020	2
4	0.03	Eccles RG	2017	2
1	0.00	Bennett M	2008	2
2	0.00	Strand R	2020	2
2	0.00	Brammer S	2020	2
2	0.00	Abeydeera S	2020	2
2	0.00	Brown HS	2019	2
1	0.00	Acheson-Brown D	2017	2
1	0.00	Abeysekera I	2017	2
2	0.00	Chen L	2020	2
2	0.00	Haffar M	2020	2
2	0.00	Toppinen A	2020	2
2	0.01	Ahmed Haji A	2020	2
3	0.00	Hahn R	2020	2
2	0.01	Roberts RW	2020	2
2	0.01	Rahdari AH	2020	2
1	0.00	**HTTPS://INTEGRATEDREPORTINGORG/WP-CONTENT/UPLOADS/...	2020	2
2	0.00	Senaratne S	2020	2
2	0.00	Rodrigue M	2020	2
2	0.01	Busco C	2020	2
1	0.00	Belal AR	2008	2
2	0.01	Stacchezzini R	2020	2
4	0.02	Schaltegger S	2020	2
3	0.00	Oshika T	2020	2
2	0.00	Marimon F	2020	2
2	0.00	Lee J	2017	2
2	0.00	Tarquinio L	2020	2
2	0.00	Gallego-?lvarez I	2020	2
1	0.00	**http://www.worldcocoaafoundationorg/about-wcf/cocoaaction/(access...	2017	2
1	0.00	Albelda-Pérez E	2008	2
10	0.17	Adams CA	2008	2

Fonte: elaborado a partir do software CiteSpace®

A Figura B. 15 referente ao *cluster 2* revela que assim como os *cluster 0* e *1*, há uma considerável dispersão da área de pesquisa, conforme mostra os valores da centralidade em torno de 0. Alguns autores conseguem se sobressair apresentando um valor maior que 0, como é o caso de Adams C.A. (ADAMS; FROST, 2008), sendo que estes podem apresentar uma importância significativa dentro do objetivo do estudo.

Assim, considerando as identificações feitas pela análise de citações, as principais referências encontradas em dados coletados na base Scopus para KPIs de Sustentabilidade são: Adams e Frost (2008); Azapagic (2003); Bell e Morse (2012); De Villiers, Rouse e Kerr (2016); Elkington (1998); Krajnc e Glavic (2005); Ness et al.

(2007); Patton (1990); Searcy, Karapetrovic e McCartney (2005); Seuring e Muller (2008) e, Ugwu e Haupt (2007).

APÊNDICE C – REUNIÃO DE DADOS COLETADOS PARA KPIS DE SUSTENTABILIDADE NAS BASE WoS E SCOPUS

Conforme mencionado na seção 2.5, para o encontro das principais áreas e autores, buscas nas bases de dados Web of Science (WoS) e Scopus foram realizadas. Desta forma, com o intuito de obter os dados mais relevantes para a elaboração da pesquisa, as palavras-chave utilizadas nas bases de dados foram atribuídas em inglês, resultando em uma coleta de trabalhos neste idioma (BACHEGA; TAVARES, 2015). Além disso, o período de buscas nas bases de dados foi definido para todos os anos, garantindo o alcance de todos os trabalhos relacionados a área de interesse.

A primeira busca teve como principal direcionamento trabalhos envolvendo KPIS de sustentabilidade. As palavras-chave utilizadas foram: *Sustainability Performance Indicators* (Indicadores de desempenho de sustentabilidade), *Sustainability Key performance Indicators* (Indicadores chave de desempenho de sustentabilidade) e *Sustainability KPIs* (KPIs de sustentabilidade). Essas palavras-chave na base WoS retornaram respectivamente: 57, 15 e 8 trabalhos gerando um total de 80 entre os anos de 2005 a 2020, enquanto na base Scopus, com o uso das mesmas palavras-chave, foram obtidos 83, 22 e 20 o que representa um total de 125 trabalhos entre os anos de 2003 a 2020.

Depois da coleta de dados sobre KPIS de sustentabilidade as informações foram adicionadas no software CiteSpace®. O software apresenta como principal base para coleta de dados a WoS (SYNNESTVEDT; CHEN; HOLMES, 2005). Como nesta pesquisa também será utilizada a base Scopus, o CiteSpace® disponibiliza recursos para converter os dados desta base para WoS, e só após essa conversão poderão ser utilizados. Nos Apêndices A e B são demonstradas separadamente as conversões realizadas nas bases WoS e Scopus para os dados envolvendo KPIS de Sustentabilidade. Com a conversão realizada os trabalhos coletados são importados para o CiteSpace®, com o objetivo de remover as duplicatas existentes e garantir a unicidade dos estudos. Com as duplicatas removidas tem-se que o total de trabalhos existentes no banco de dados corresponde a 168, representando a união dos dados coletados nas bases WoS e Scopus.

A primeira análise realizada no CiteSpace® utilizou os recursos coletados nas bases WoS e Scopus que referenciam KPIs de sustentabilidade. Como ponto de partida, foi atribuído um corte no tempo (*time slicing*) de 2003 a 2020 (intervalo que corresponde ao período de publicação dos trabalhos contidos no banco de dados) e o tipo de nó (*node types*) foi definido como critério de cocitação para autor citado. Esse critério auxilia a percepção do tema e da estrutura abordada, estabelecendo autores e trabalhos que contribuem para o estudo temático (WHITE; GRIFFITH, 1981).

Com essas informações alocadas no software, o processamento foi executado. De acordo com Synnestevedt, Chen e Holmes (2005), durante o processamento dos dados, o CiteSpace® coleta n-gramas, ou palavras simples ou frases de até quatro palavras, de títulos, resumos, descritores e identificadores de artigos citados em um conjunto de dados.

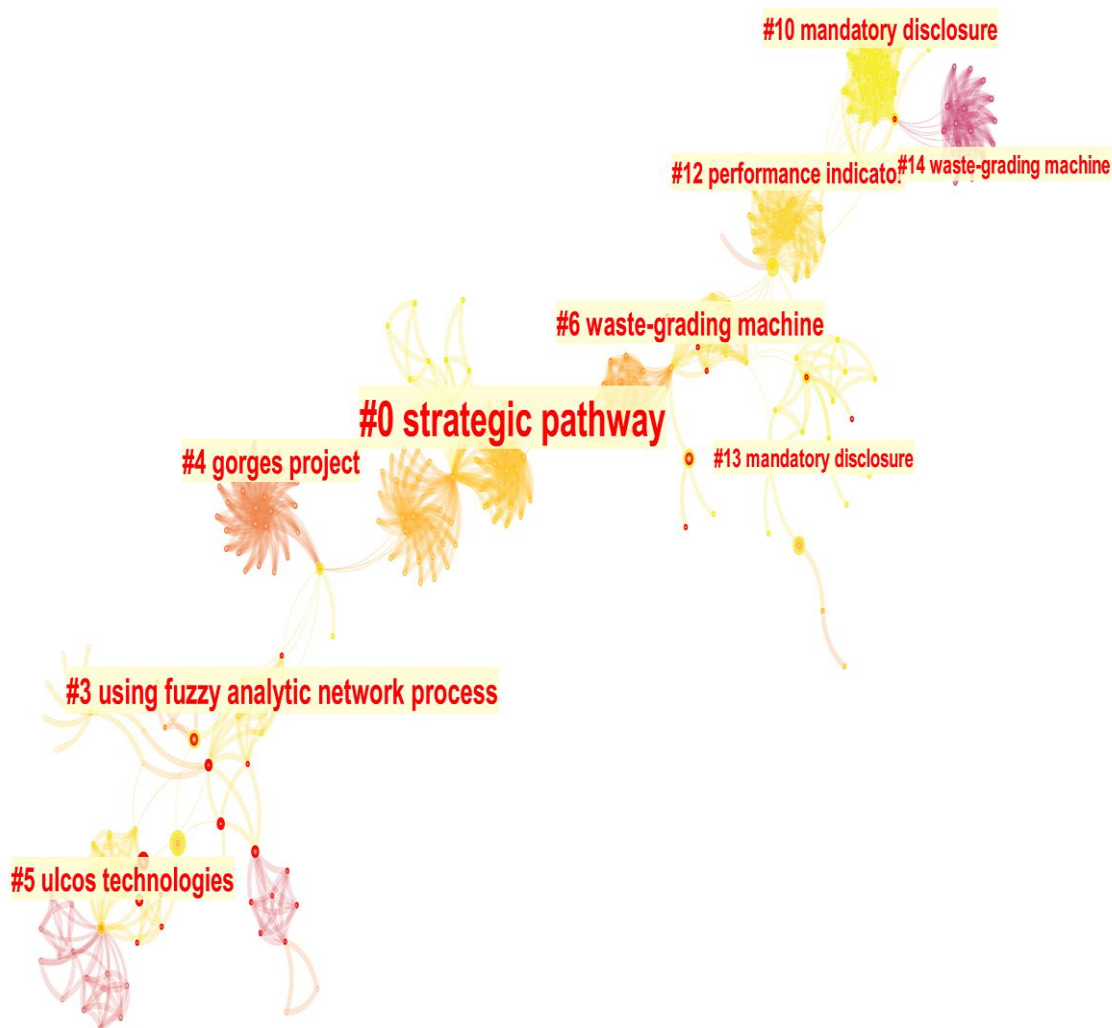
No final do processamento é exibida uma tela de visualização. Essa tela disponibilizará os termos que tiveram maior reincidência (SYNNESTVEDT; CHEN; HOLMES, 2005). Para isso, o recurso encontrar grupos (*find clusters*) deverá ser acionado. Ao realizar esse acionamento, as ligações agrupadas por cores reorganizam a rede entre os principais grupos ou áreas de trabalhos científicos (CHEN, 2004).

Dando continuidade nas principais funções, o software também retornará os valores para os *clusters*, modularidade (*modularity - Q*) e silhueta significativa (*mean silhouette - S*). O valor para *clusters* representam a quantidade de grupos de referências cocitadas existentes no banco de dados, a modularidade (Q) e a silhueta significativa são utilizadas para medir o quanto as áreas estão divididas entre os *clusters* (ZHANG, Q. et al., 2020). Para Zhang et al. (2020), um valor Q próximo a 1 indica *clusters* mais bem definidos e um valor S próximo a 1 indica uma confiança em como os nós são agrupados.

Para os dados coletados nas duas bases de dados para KPIs de sustentabilidade, o número de *clusters* representam um total de 176 grupos de referências, a modularidade (Q) de 0.9233 e a silhueta significativa de 0.2262. Para esses dados, a silhueta significativa apresentou um valor baixo ocasionado pelo elevado número de grupos de referências. De forma geral, de acordo com os critérios estabelecidos por Zhang et al. (2020), resultam em valores significativos para o conjunto de dados.

Para complementar o ‘encontrar grupos’ na abordagem das principais áreas, o CiteSpace® realiza a classificação dos grupos com os termos do título (*label clusters with title terms*). As principais áreas estarão acompanhadas pelo símbolo cerquilha (#), e são mostradas de forma sequencial, de acordo com o tamanho do cluster, que pode ser redimensionado em *cluster: uniformizado / proporcional (cluster: uniformed / proporcional)*, conforme mostra a Figura C. 1. Quanto maior o nó, neste caso, sendo representado por autor citado, maior é a quantidade de vezes em que o autor é mencionado (ZHANG, Q. et al., 2020).

Figura C. 1 - Tela de visualização após processamento dos dados no software CiteSpace® para KPIs de Sustentabilidade nas bases WoS e Scopus



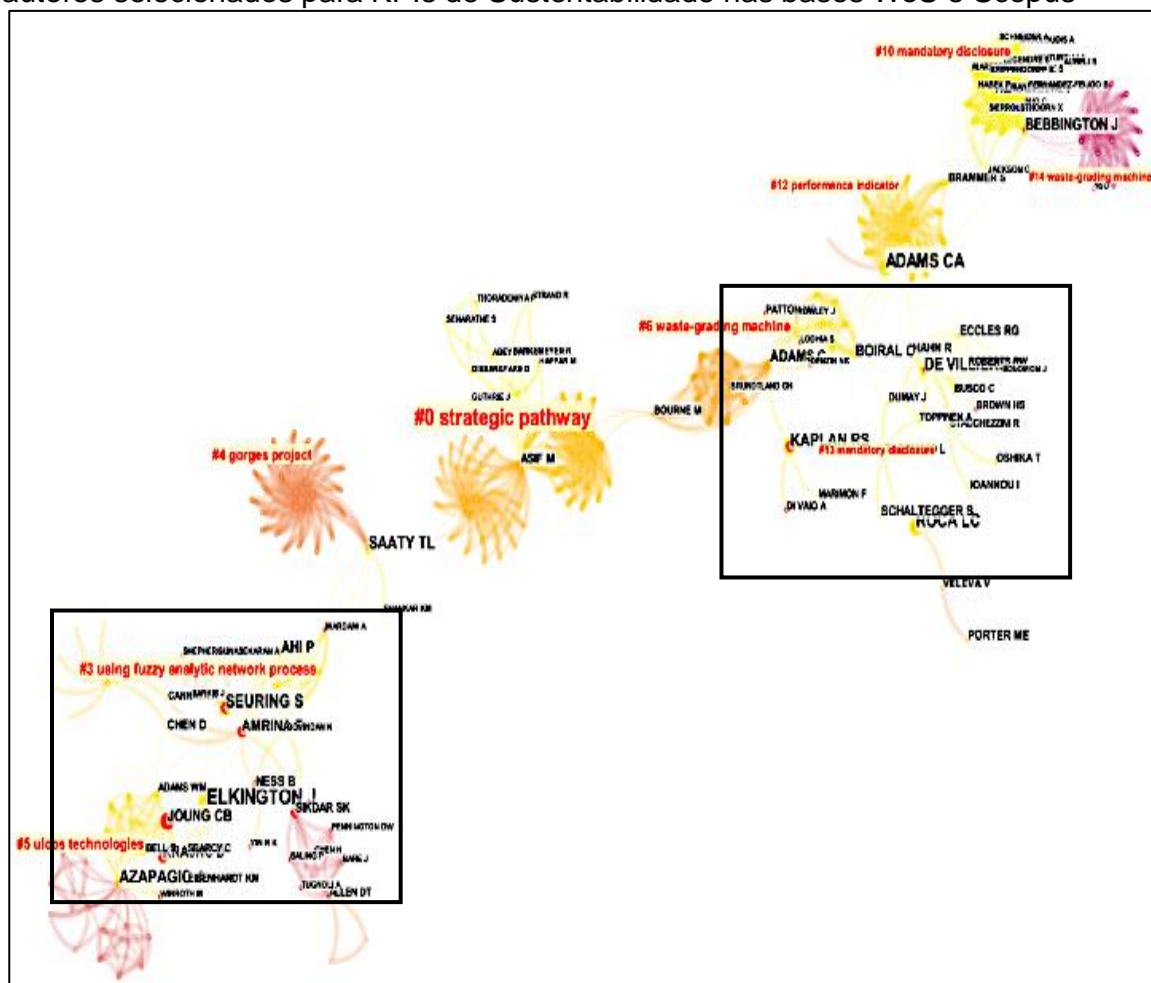
Fonte: elaborado a partir do software CiteSpace®

Para os dados coletados, conforme mostra a **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, as principais áreas mostradas são as que os grupos (*clusters*), aparecem com maior evidência, sendo as seguintes: #0 strategic pathway (caminho estratégico), #3 using fuzzy analytic network (usando rede analítica difusa) e #4 gorges project (projeto gargantas).

Após a alocação dos dados no software e o encontro das principais áreas, outros recursos importantes contidos no CiteSpace® podem ser utilizados. A iniciar pela identificação das áreas mais ativas, por meio da identificação dos autores mais citados, considerando o tamanho do nó – histórico do anel de árvore (*node size – tree ring history*) e a explosão de frequência de citação (*citation frequency burst*).

O ‘histórico do anel de árvore’ e a ‘explosão de frequência’, ao serem acionados, apresentarão no mapa de visualização anéis em destaque de acordo com o período de citação. Quanto mais recentes forem, maior será a sua evidência no mapa. Esses anéis representando os principais nós de explosão (*burst*), estarão realçados em vermelho e quanto maior o seu tamanho maior é a quantidade de vezes em que o autor foi citado dentro do intervalo de tempo escolhido (ZHANG, Q. et al., 2020) Figura C. 2.

Figura C. 2 - Seleção do histórico do anel de árvore e explosão de frequência com autores selecionados para KPIs de Sustentabilidade nas bases WoS e Scopus



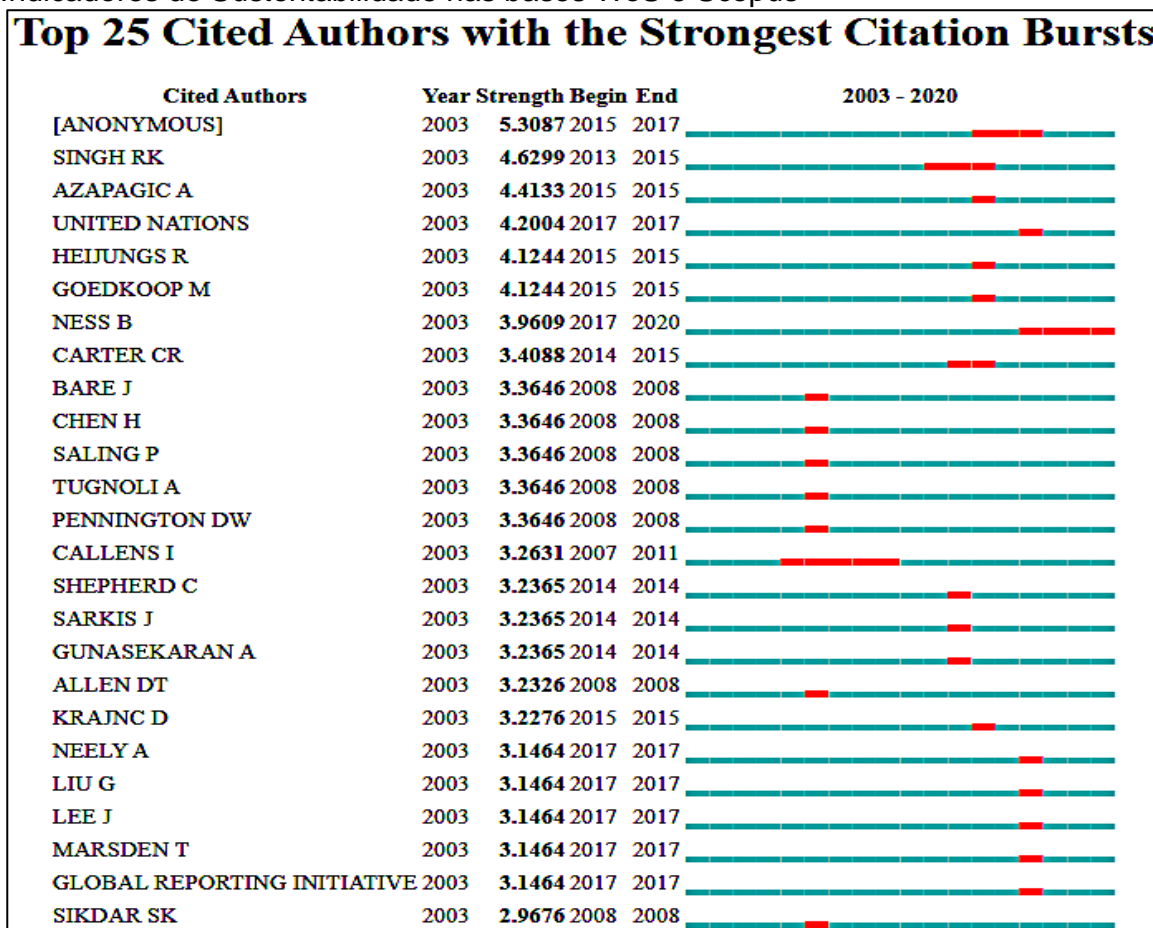
Fonte: elaborado a partir do software CiteSpace®

A Figura C. 2 apresenta anéis em destaque e seus respectivos autores. Para esses dados é possível identificar visualmente um total de 21 autores. De acordo com as análises realizadas no software CiteSpace®, foi identificado que para o período de coleta nas bases de dados entre os anos de 2003 a 2020, esses autores foram os mais significativos no período mais recente de coleta. Ou seja, próximo ao ano de 2020. Esse tipo de informação para pesquisas científicas tem grande relevância, pois indica dentro do tema abordado, quais são as referências, discussões e os assuntos atuais existentes na literatura.

A partir disso, o CiteSpace® permite que se identifique os autores com destaque ao longo de todos os anos do banco de dados, apresentando por meio de uma lista

de explosões. Essa lista indicará para a pesquisa, quais as referências mais relevantes, ao longo de todo o histórico do tema abordado. Com isso temos que, a Figura C. 3 apresenta os 25 autores que tiveram aumento significativo no número de publicações referentes a Indicadores de Sustentabilidade nas bases WoS e Scopus.

Figura C. 3 - Lista dos 25 autores que tiveram o maior número de citações na área de Indicadores de Sustentabilidade nas bases WoS e Scopus



Fonte: elaborado a partir do software CiteSpace®

A lista de autores na Figura C. 3 é apresentada em ordem crescente de acordo com a explosão de citações, sendo representada pela força (*Strength*). Essa força se relaciona com a frequência em que os autores foram citados em publicações. Logo, quanto mais ativos ou mais citados, maior será a sua força.

A Figura C. 3, também exibe o período de coleta do banco de dados. Neste caso, o primeiro dado encontrado teve sua publicação no ano (*Year*) 2003. Cada autor também apresenta o período que foi mais citado, sendo representado por início

(*Begin*) e fim (*End*). Este período também é ilustrado por meio da linha azul, a qual representa os anos de coleta dos dados de 2003 a 2020. Os destaques em vermelho mostram de forma individual o período no qual cada autor teve sua explosão de citação registrada, conforme mostra a Figura C. 3.

Fazendo uma comparação da ilustração do período de ativação dos autores na Figura C. 3 com a Figura C. 2 sobre a seleção do histórico do anel de árvore e explosão de frequência, pode-se afirmar que a Figura C. 2 apresenta os anéis dos autores que tiveram destaque no período mais recente do banco de dados, enquanto que, a Figura C. 3 apresenta autores que se destacaram no intervalo geral dos dados.

Esses autores ganham destaque, apresentando atualidade de tema. Como é o caso do autor Ness B. (NESS et al., 2007), que aparece tanto nas explosões de citações quanto na lista dos autores com força de citações. Diante disso, essa lista com os principais autores relacionados ao tema de busca tem grande relevância para esta pesquisa. Com essa relação, as buscas por trabalhos ficam direcionadas, otimizando o tempo de procura e contribuindo com a atualização dos dados. Selecionando como foco a força de citações, como mostrado na Figura C. 3, temos que os três autores mais citados são: Anonymous, Singh R. K. (SINGH et al., 2009) e Azapagic A. (AZAPAGIC, 2004).

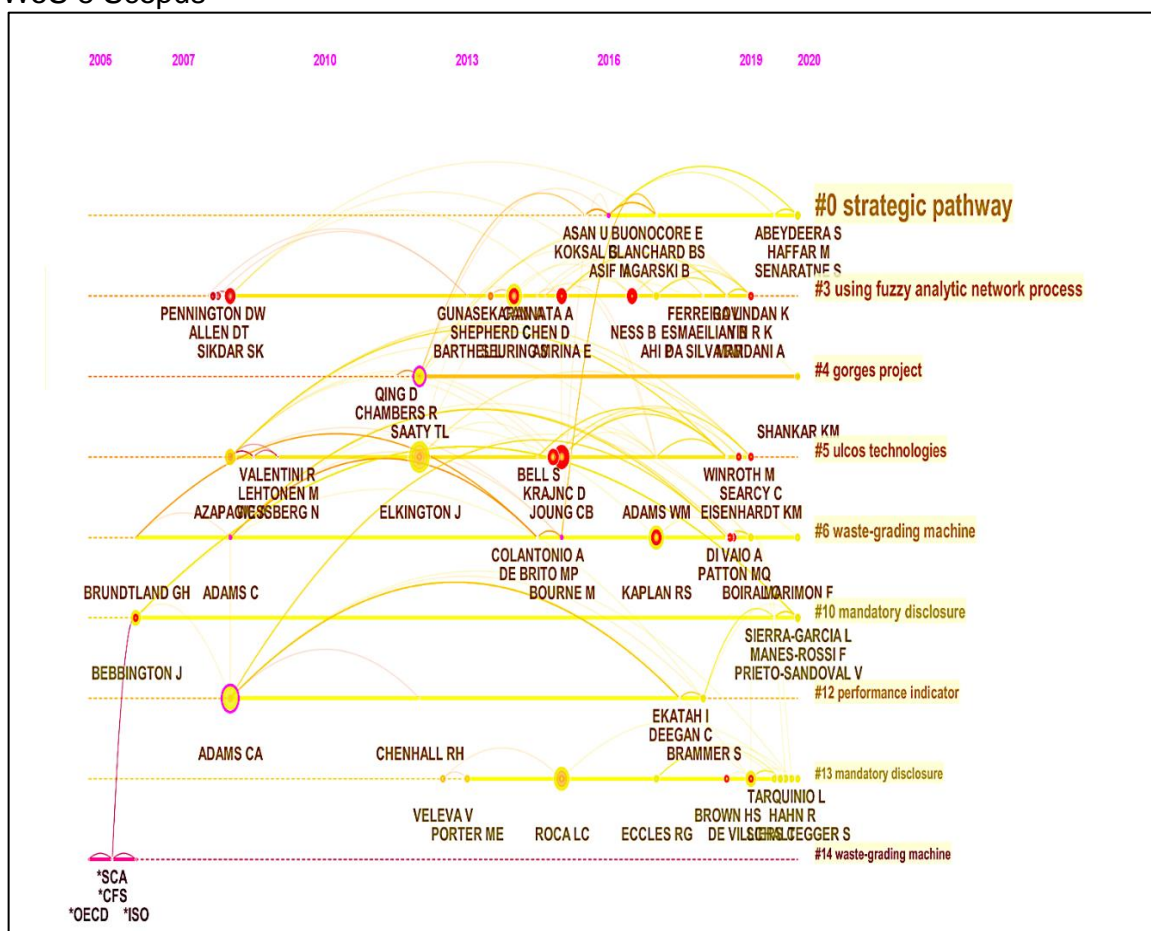
Entre esses três autores, há um destaque para anônimos (*anonymous*). Esse tipo de autor aparece quando um conjunto de referências não apresenta informações objetivas do autor, ficando representado por anônimo (GONG et al., 2013). Com essa informação, pode-se garantir que anônimos não apresenta uma informação clara dos seus autores citados, o que permite retirá-lo da análise.

Com isso, tem-se que Singh R. K (SINGH et al., 2009) é a referência com maior 'força' (4.6299) de explosão de citação nos anos de 2013 a 2015, no período de coleta entre os anos de 2003 a 2020. Em seu trabalho Singh et al. (2009), destacam a importância dos indicadores de sustentabilidade, apresentando um panorama da aplicação de índices sustentáveis, além de fornecer informações de como desenvolver estratégias para elaborar e empregar esses indicadores.

Outro tipo de visualização da tela permitida pelo CiteSpace® é por meio do recurso da linha do tempo, como mostra a Figura C. 4. Segundo Chen, Ibekwe-Sanjuan e Hou (2010), a visualização da linha do tempo exhibe uma rede em um diagrama de nó e *link*. Os *clusters* ficam alocados a direita assim como a direção do tempo. As linhas que conectam dois pontos representam uma ligação de cocitação. A

espessura da linha é proporcional à força de citação. A cor da linha representa o período em que foi realizada a cocitação e o autor (a) é posicionado de acordo com o primeiro ano de citação (CHEN; IBEKWE-SANJUAN; HOU, 2010).

Figura C. 4 - Visualização da linha do tempo para KPIs de Sustentabilidade nas bases WoS e Scopus



Fonte: elaborado a partir do software CiteSpace®

Esse tipo de visualização permite entender o surgimento histórico de cada autor, a situação de cada *cluster* e detectar por meio gráfico os autores-chave (LI; MA; QU, 2017). Na Figura C. 4, é possível visualizar os anéis em destaque, representando os autores que tiveram explosões de citações. Esses anéis indicam os principais autores que estão em centralidade, sendo proporcional ao tamanho do anel (LI; MA; QU, 2017). Dentro desse contexto, a centralidade pode mensurar a relevância de um nó na rede identificando, portanto, quais os nós que possuem maior importância dentro do assunto estudado (WANG; LU, 2020).

Analisando a Figura C. 4, o anel com maior destaque se refere a Joung C. B. (JOUNG et al., 2013). Joung et al. (2013) relatam no trabalho, a classificação dos indicadores por meio de cinco aspectos da sustentabilidade: ambiental, econômico, social, tecnológico e de desempenho, além de, apresentar o modo de utilização para medir o desempenho da operação.

A partir disso, o CiteSpace[®] também possibilita que se faça uma análise individual para cada *cluster*, por meio do *cluster explorer* (explorador de *cluster*). Esse recurso disponibiliza uma tela com as seguintes janelas: *clusters*, *citing articles* (artigos citados) e *cited references* (referências citadas). Conforme mostra Figura C. 5.

Figura C. 5 - Explorando os *clusters* para KPIs de Sustentabilidade nas bases WoS e Scopus

Select	Cluster ID	Size	Silhouette	mean(Year)	Top Terms (LSI)	Top Terms (log-likelihood ratio, p-level)	Terms (mutual information)
<input type="checkbox"/>	0	59	1	2017	sustainable university; stakeholder preferences; meth...	strategic pathway (10.44, 0.005); sustainable university (10.44, 0...	strategic pathway (0.11); sustainable university (0.11); stakehold...
<input type="checkbox"/>	3	31	0.947	2014	sustainability; disperse productive system; framework...	using fuzzy analytic network process (15.32, 1.0E-4); sustainabili...	quantitative sustainability assessment (0.79); process design (0...
<input type="checkbox"/>	4	28	0.988	2012	the three gorges project: how sustainable?	gorges project (11.12, 0.001); mandatory disclosure (0.13, 1.0...	gorges project (0.06); mandatory disclosure (0.04); using fuzzy a...
<input type="checkbox"/>	5	27	0.997	2013	implementing sustainable strategies; key performanc...	ulcos technologies (22.98, 1.0E-4); key performance indicator (6...	measuring industrial sustainability performance (0.22); german ...
<input type="checkbox"/>	6	27	0.959	2016	social implications; product-service system; electroni...	waste-grading machine (12.39, 0.001); product-service system (...)	sustainability reporting (0.53); measuring industrial sustainabilit...
<input type="checkbox"/>	10	22	0.951	2019	kpis reporting and financial performance in the transit...	mandatory disclosure (3.05, 0.1); financial performance (3.05, 0...	mandatory disclosure (0.04); financial performance (0.04); using...
<input type="checkbox"/>	12	21	0.992	2017	performance indicators; linkage; corporate sustainabi...	performance indicator (10.44, 0.005); corporate disclosure infor...	performance indicator (0.11); corporate disclosure information (...)
<input type="checkbox"/>	13	17	0.978	2018	key performance indicators; challenges; usage; devel...	mandatory disclosure (9.33, 0.005); financial performance (9.33...	measuring industrial sustainability performance (0.26); gorges ...
<input type="checkbox"/>	14	16	1	2005	...	waste-grading machine (12.39, 1.0); ulcos technologies (12.39, 1.0); str...	mandatory disclosure (0.06); using fuzzy analytic network proces...

Coverage	GCS	LCS	Bibliography

Freq	Burst	Degr.	Centr.	Σ	Page	Keyw.	Author	Year	Title	Source	Vol	Page	Half	DOI	Clust.

Fonte: elaborado a partir do software CiteSpace[®]

A primeira janela identificada como *clusters*, irá apresentar informações como: o tamanho do *cluster*, o valor individual da silhueta, a média de anos (*mean year*) e os principais termos que constituem cada um dos *clusters*. Com isso, a análise desses dados será realizada de acordo com os principais grupos são representados pelos *clusters*: 0, 3 e 4.

O primeiro *cluster* resultante do banco de dados, identificado como 0 tem um tamanho de 59. Esse valor representa o total de autores citados dentro desse *cluster*, que foram encontrados a partir de um grupo de termos. A silhueta resultante para este *cluster* é igual a 1, o que representa uma segurança em como os nós estão associados (ZHANG, Q. et al., 2020). A média de anos dos termos desse *cluster* é de 2017. A Figura C. 6 apresenta detalhadamente os termos que constituem o *cluster* 0, informando de forma individual o valor da silhueta. Enquanto que, a Figura C. 7 apresenta um artigo encontrado.

Figura C. 6 - Termos do *cluster 0* com suas respectivas silhuetas para KPIs de Sustentabilidade nas bases WoS e Scopus

Label (MI)
strategic pathway (0.11); sustainable university (0.11); stakeholder preference (0.11); methodological framework (0.11); measuring industrial sustainability performance (0.1); gorges project (0.1); quantitative sustainability assessment (0.1); process design (0.1); german manufacturing (0.1); empirical evidence (0.1); sustainability reporting (0.1); medium enterprises (0.1); early stage (0.1); hydrogen production (0.06); global reporting initiative (0.06); performance indicator (0.06); developing country context (0.06); corporate disclosure information (0.06); sustainability assessment (0.06); reporting evidence (0.06); corporate sustainability reporting (0.06); new zealand (0.03); waste-grading machine (0.02); product-service system (0.02); introducing innovative technology (0.02); disperse productive system (0.02); electronic waste management (0.02); ulcos technologies (0.01); key performance indicator (0.01); mandatory disclosure (0.01); using fuzzy analytic network process (0.01); financial performance (0.01); sustainability performance assessment (0.01); industrial corporation (0.01)

Fonte: elaborado a partir do software CiteSpace®

Figura C. 7 - Artigo do *cluster 0* para KPIs de Sustentabilidade nas bases WoS e Scopus

Coverage	GCS	LCS	Bibliography
26	11	1	Turan, FK (2016) A methodological framework to analyze stakeholder preferences and propose strategic pathways for a sustainable university . Higher Education, V72, P18 DOI 10.1007/s10734-015-9973-8
26	10	1	Turan, Fikret Korhan (2016) A methodological framework to analyze stakeholder preferences and propose strategic pathways for a sustainable university . HIGHER EDUCATION, V72, P18 DOI 10.1007/s10734-015-9973-8

Fonte: elaborado a partir do software CiteSpace®

Diante disso, a Figura C. 7, apresenta informações como cobertura (*coverage*), GCS (Global Citation Score – Pontuação de Citação Global) e LCS (Local Citation Score – Pontuação de Citação Local). Para Li, Ma e Qu (2017), o banco de dados deve conter a cobertura da literatura mais completa possível. E neste caso a cobertura para as bases WoS e Scopus se estende de 2003 a 2020. O CiteSpace® também disponibiliza o valor da cobertura de cada referência. Esse valor informará quantas referências do artigo são equivalentes aos integrantes do *cluster*.

A pontuação de citação global (GCS) mostra o total de citações que um trabalho teve dentro da base de dados da WoS. Enquanto que, a pontuação de citação local (LCS) disponibiliza o número de citações de um artigo dentro da coleção (THO et al., 2017).

Com isso, temos que o artigo dentro do *cluster 0*, apresenta uma cobertura de 26 referências em um total de 59 existentes dentro do *cluster*. O valor resultante do GCS foi de um total de 11 citações e o LCS de 1 citação dentro da coleção para o primeiro trabalho.

Outro ponto importante destacado na Figura C. 7, relacionado ao trabalho encontrado no *cluster 0*, identifica que o software não consegue reconhecer variações em nomes e sobrenomes de autores em trabalhos equivalentes. Por isso, para esse

e os demais *clusters*, foi visto que na janela de ‘artigos citados’, alguns trabalhos apresentando variações de escrita se repetem, não identificando, portanto, a duplicidade dos mesmos. Logo, ao invés 2 trabalhos encontrados a tela de ‘artigos citados’ possuem apenas 1 trabalho. A partir disso, a janela de referências citadas será analisada, mostrando de forma detalhada quais são os autores que pertencem aos trabalhos alocados no *cluster* 0. A Figura C. 8, mostra de forma detalhada quais são esses autores.

Figura C. 8 - Janela de referências citadas do *cluster* 0 para KPIs de Sustentabilidade nas bases WoS e Scopus

Freq	Centrality	Author	Year	Cluster
2	0.00	Gass SI	2016	0
2	0.00	Adams PWR	2017	0
2	0.00	Maxwell SE	2016	0
2	0.00	Cellura M	2017	0
2	0.00	Boks C	2017	0
2	0.00	Heaney T	2016	0
2	0.00	Chapman J	2017	0
3	0.00	Barkemeyer R	2020	0
2	0.00	Balta MT	2017	0
2	0.00	Carbone JC	2016	0
2	0.00	Antony F	2017	0
3	0.00	Dissanayake D	2020	0
2	0.00	Madeira AC	2016	0
2	0.00	Kurland NB	2016	0
2	0.00	Reid A	2016	0
3	0.00	Guthrie J	2020	0
2	0.00	Filho WL	2016	0
2	0.00	Jones N	2016	0
2	0.00	Bianchi M	2017	0
2	0.00	Shephard K	2016	0
3	0.00	Thoradeniya P	2020	0
2	0.00	Benneworth P	2016	0
2	0.00	Luescher-Mamashela TM	2016	0
2	0.00	Ali W	2020	0
3	0.00	Strand R	2020	0
2	0.00	Duffy A	2017	0
2	0.00	Boyle IM	2017	0
3	0.00	Abeydeera S	2020	0
2	0.00	Axelsson H	2016	0
2	0.00	Liberatore MJ	2016	0
2	0.00	Masten SE	2016	0
3	0.00	Haffar M	2020	0
2	0.00	Bali R	2016	0
2	0.00	Escobar MT	2016	0
2	0.00	Geertshuis S	2016	0
2	0.00	Denholm P	2017	0
2	0.00	Abdel-Salam AH	2017	0
2	0.00	Moore J	2016	0
2	0.00	Collado-Ruiz D	2017	0
2	0.00	Chandrasekaran N	2017	0
2	0.00	Freeman RE	2016	0
6	0.14	Asif M	2016	0
2	0.00	Coelho HMG	2017	0
2	0.00	Benjamin CO	2016	0
2	0.00	Evans A	2017	0
2	0.00	Azkarate A	2017	0
3	0.00	Senaratne S	2020	0
2	0.00	Aydin H	2017	0
2	0.00	Armoako KO	2020	0
2	0.00	Chicco G	2017	0
2	0.00	Caliskan H	2017	0
2	0.00	Raharjo H	2016	0
2	0.00	Buonocore E	2017	0
2	0.00	Blanchard BS	2017	0
2	0.00	Bassey M	2016	0
2	0.00	Etkowitz H	2016	0
2	0.00	Agarski B	2017	0
2	0.00	Asan U	2016	0
2	0.00	Koksal G	2016	0

Fonte: elaborado a partir do software CiteSpace®

Além dos autores que constituem o *cluster* 0, a Figura C. 8 também fornece informações sobre a frequência de ocorrências de citações e a centralidade dos autores. A frequência de ocorrências de citações tem o papel de mensurar quais as referências mais significativas baseado na ocorrência de palavras-chave, onde essa explosão de termos podem indicar um direcionamento a pesquisas mais relevantes (LI; MA; QU, 2017). Portanto, baseado nas duas informações, a escolha das principais referências deve considerar aspectos de frequência e de centralidade, objetivando maior assertividade.

Conforme visualizado na Figura C. 8, o autor que apresentou maior frequência de ocorrências foi Asif M. (ASIF; SEARCY, 2013), apresentando também o maior valor de centralidade de 0,14. O restante dos valores de centralidade foram iguais a 0, o que indica uma dispersão da força para essa área de pesquisa, sem agregações ou ordenamentos (ZHANG, D. et al., 2020). Um estudo ou autor que apresentar uma centralidade igual ou maior que 0,1 tem o potencial para ser considerado de alta importância (LI; MA; QU, 2017).

O segundo *cluster* identificado no CiteSpace® e categorizado como 3, é constituído por 31 autores citados. A silhueta tem um valor de 0.947, representando confiabilidade nos nós. A média de anos (*mean year*) dos termos deste *cluster* é de 2014. A Figura C. 9 apresenta detalhadamente os termos que constituem o *cluster* 3, informando individualmente o valor da silhueta. A Figura C. 10 apresenta três artigos em duplicata encontrados.

Figura C. 9 - Termos do *cluster* 3 com suas respectivas silhuetas para KPIs de Sustentabilidade nas bases WoS e Scopus

Label (MI)
quantitative sustainability assessment (0.79); process design (0.79); early stage (0.79); measuring industrial sustainability performance (0.78); gorges project (0.78); german manufacturing (0.78); empirical evidence (0.78); sustainability reporting (0.78); medium enterprises (0.78); hydrogen production (0.6); sustainability assessment (0.6); strategic pathway (0.58); global reporting initiative (0.58); performance indicator (0.58); developing country context (0.58); sustainable university (0.58); stakeholder preference (0.58); corporate disclosure information (0.58); reporting evidence (0.58); methodological framework (0.58); corporate sustainability reporting (0.58); new zealand (0.47); disperse productive system (0.43); waste-grading machine (0.39); product-service system (0.39); introducing innovative technology (0.39); electronic waste management (0.39); using fuzzy analytic network process (0.35); sustainability performance assessment (0.35); industrial corporation (0.35); ulcos technologies (0.34); key performance indicator (0.34); mandatory disclosure (0.29); financial performance (0.29)

Fonte: elaborado a partir do software CiteSpace®

Figura C. 10 - Artigos do *cluster* 3 para KPIs de Sustentabilidade nas bases WoS e Scopus

Coverage	GCS	LCS	Bibliography
8	3	1	Wicher, Pavel (2019) Sustainability performance assessment of industrial corporation using fuzzy analytic network process . JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION DOI 10.1016/j.jclepro.2019.118132
7	4	1	Wicher, P (2019) Sustainability performance assessment of industrial corporation using fuzzy analytic network process . Journal of Cleaner Production DOI 10.1016/j.jclepro.2019.118132
6	3	1	Watanabe, EH (2018) Framework to evaluate the performance and sustainability of a disperse productive system . Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering DOI 10.1007/s40430-018-1032-9
6	2	1	Watanabe, Edson H (2018) Framework to evaluate the performance and sustainability of a disperse productive system . JOURNAL OF THE BRAZILIAN SOCIETY OF MECHANICAL SCIENCES AND ENGINEERING DOI 10.1007/s40430-018-1032-9
5	45	1	Tugnoli, Alessandro (2008) Sustainability assessment of hydrogen production by steam reforming . INTERNATIONAL JOURNAL OF HYDROGEN ENERGY, V33, P13 DOI 10.1016/j.ijhydene.2008.06.011
5	40	2	Tugnoli, Alessandro (2008) An approach to quantitative sustainability assessment in the early stages of process design . ENVIRONMENTAL SCIENCE & TECHNOLOGY DOI 10.1021/es702441r

Fonte: elaborado a partir do software CiteSpace®

Diante disso, temos que o primeiro artigo dentro do *cluster* 3, apresenta uma cobertura de 8 referências em um total de 31 existentes no *cluster*, e assim sucessivamente. O valor resultante do GCS foi de um total de 3 citações e o LCS de 1 citação dentro da coleção para o primeiro trabalho.

A janela de referências citadas, mostra de forma detalhada quais são os autores que pertencem aos trabalhos alocados no *cluster* 3. A Figura C. 11, mostra de quais são esses autores, as frequências de ocorrências e suas respectivas centralidades.

Figura C. 11 - Janela de referências citadas do *cluster* 3 para KPIs de Sustentabilidade nas bases WoS e Scopus

Freq	Centrality	Author	Year	Cluster
3	0.00	Saling P	2008	3
2	0.01	Bagheri B	2018	3
3	0.01	Govindan K	2019	3
4	0.00	Allen DT	2008	3
3	0.00	Tugnoli A	2008	3
3	0.00	Yin R K	2019	3
3	0.00	Sarkis J	2014	3
2	0.00	Colombo AW	2018	3
2	0.03	Almulhim TS	2019	3
2	0.00	Davidsson P	2018	3
2	0.00	Ferreira L	2018	3
3	0.00	Mardani A	2019	3
7	0.00	Ness B	2017	3
3	0.00	Gunasekaran A	2014	3
2	0.00	Esmaelian B	2018	3
3	0.00	Bare J	2008	3
13	0.01	Seuring S	2014	3
6	0.01	Chen D	2015	3
3	0.00	Chen H	2008	3
4	0.01	Cannata A	2015	3
2	0.00	Bhattacharya A	2019	3
2	0.03	Beske-Janssen P	2019	3
9	0.04	Ahi P	2017	3
2	0.00	da Silva RM	2018	3
6	0.02	Sikdar SK	2008	3
10	0.07	Amrina E	2015	3
2	0.00	Bare JC	2008	3
3	0.00	Shepherd C	2014	3
3	0.00	Pennington DW	2008	3
1	0.00	Barthel L	2013	3
2	0.00	BilseI RU	2019	3

Fonte: elaborado a partir do software CiteSpace®

Os autores que apresentaram maior destaque nos valores de suas frequências na Figura C. 11, foram Seuring S. (SEURING, 2013) e Amrina E.(AMRINA; RAMADHANI; VILSI, 2016) com os seguintes valores de centralidade: 0.01 e 0.07, respectivamente. A demais centralidades apresentaram próximas ao valor 0, o que nos indica uma dispersão da força para essa área de pesquisa. Contudo, os valores maiores a 0, indicam autores que se sobressaem dessa dispersão e que representam uma importância considerável dentro do assunto proposto.

O terceiro *cluster* resultante do banco de dados, identificado como 4 tem um tamanho de 28, representando o total de autores citados. A silhueta tem um valor de 0.988, representando confiabilidade nos nós. A média de anos (*mean year*) dos termos desse *cluster* é de 2014. A Figura C. 12 apresenta detalhadamente os termos que constituem o *cluster* 4, informando de forma individual o valor da silhueta. A Figura C. 13 apresenta o artigo encontrado.

Figura C. 12 - Termos do *cluster* 4 com suas respectivas silhuetas para KPIs de Sustentabilidade nas bases WoS e Scopus

Label (MI)
gorges project (0.06); mandatory disclosure (0.04); using fuzzy analytic network process (0.04); financial performance (0.04); sustainability performance assessment (0.04); industrial corporation (0.04); ulcos technologies (0.03); key performance indicator (0.03); waste-grading machine (0.02); product-service system (0.02); introducing innovative technology (0.02); disperse productive system (0.02); electronic waste management (0.02); new zealand (0.01); strategic pathway (0); hydrogen production (0); global reporting initiative (0); performance indicator (0); developing country context (0); sustainable university (0); stakeholder preference (0); corporate disclosure information (0); sustainability assessment (0); reporting evidence (0); methodological framework (0); corporate sustainability reporting (0); measuring industrial sustainability performance (0); quantitative sustainability assessment (0); process design (0); german manufacturing (0); empirical evidence (0); sustainability reporting (0); medium enterprises (0); early stage (0)

Fonte: elaborado a partir do software CiteSpace®

Figura C. 13 - Artigo do *cluster* 4 para KPIs de Sustentabilidade nas bases WoS e Scopus

Coverage	GCS	LCS	Bibliography
26	28	1	Kepa, Brian (2012) The three gorges project: how sustainable? Journal of Hydrology, V460-461, P12 DOI 10.1016/j.jhydrol.2012.05.008

Fonte: elaborado a partir do software CiteSpace®

Diante disso, temos que o artigo dentro do *cluster* 4, apresenta uma cobertura de 26 em um total de 28 referências existentes no *cluster*. O valor resultante do GCS foi de um total de 28 citações e o LCS de 1 citação dentro da coleção para o trabalho. A Figura C. 14, mostra de forma detalhada quais são esses autores, as frequências de ocorrências e suas respectivas centralidades para o *cluster* 4.

Figura C. 14 - Janela de referências citadas para o *cluster* 4 para KPIs de Sustentabilidade nas bases WoS e Scopus

Freq	Centrality	Author	Year	Cluster
2	0.00	Schmidt CW	2012	4
2	0.00	Jackson S	2012	4
2	0.00	Dunphy D	2012	4
2	0.00	Morgan TKKB	2012	4
2	0.00	George C	2012	4
2	0.00	Fung S	2012	4
2	0.01	Buckley R	2012	4
2	0.00	Peet J	2012	4
2	0.00	Wolf A	2012	4
2	0.00	Yang Z	2012	4
2	0.00	Nilsen HR	2012	4
11	0.13	Saaty TL	2012	4
2	0.00	Harris PG	2012	4
2	0.00	Daly HE	2012	4
2	0.01	Bruch C	2012	4
2	0.01	Capistrano RCG	2012	4
2	0.00	Saracino DE	2012	4
2	0.01	Bristow M	2012	4
2	0.00	McCabe A	2012	4
3	0.00	Shankar KM	2020	4
2	0.00	Qigang D	2012	4
2	0.00	Kaatz E	2012	4
2	0.01	BERKES F	2012	4
2	0.00	Wilmsen B	2012	4
2	0.00	Tan Y	2012	4
2	0.00	Morimoto R	2012	4
2	0.00	Qing D	2012	4
2	0.00	CHAMBERS R	2012	4

Fonte: elaborado a partir do software CiteSpace®

A Figura C. 14 referente ao *cluster* 4 revela que o autor que obteve um desempenho maior de sua frequência de ocorrências foi Saaty T. L (SAATY, 1980) com uma centralidade de 0.13. Para os demais autores, o *cluster* 4 apresenta assim como os *clusters* 0 e 3, uma considerável dispersão da área de pesquisa, conforme mostram os valores da centralidade na Figura C. 14. Alguns autores conseguem se sobressair apresentando um valor maior que 0, sendo que estes podem apresentar uma importância significativa dentro do objetivo do estudo.

Após a utilização dos recursos disponibilizados pelo CiteSpace®, foi possível encontrar referências para KPIs de Sustentabilidade nas bases WoS e Scopus, considerando a análise de citações, sendo as seguintes: Amrina, Ramadhani e Vilsa (2016); Asif e Searcy (2013); Azapagic (2004); De Villiers, Rouse e Kerr (2016); Joung et al. (2013); Ness et al. (2007); Searcy, Karapetrovic e McCartney (2005); Seuring (2013) e Singh et al. (2009).

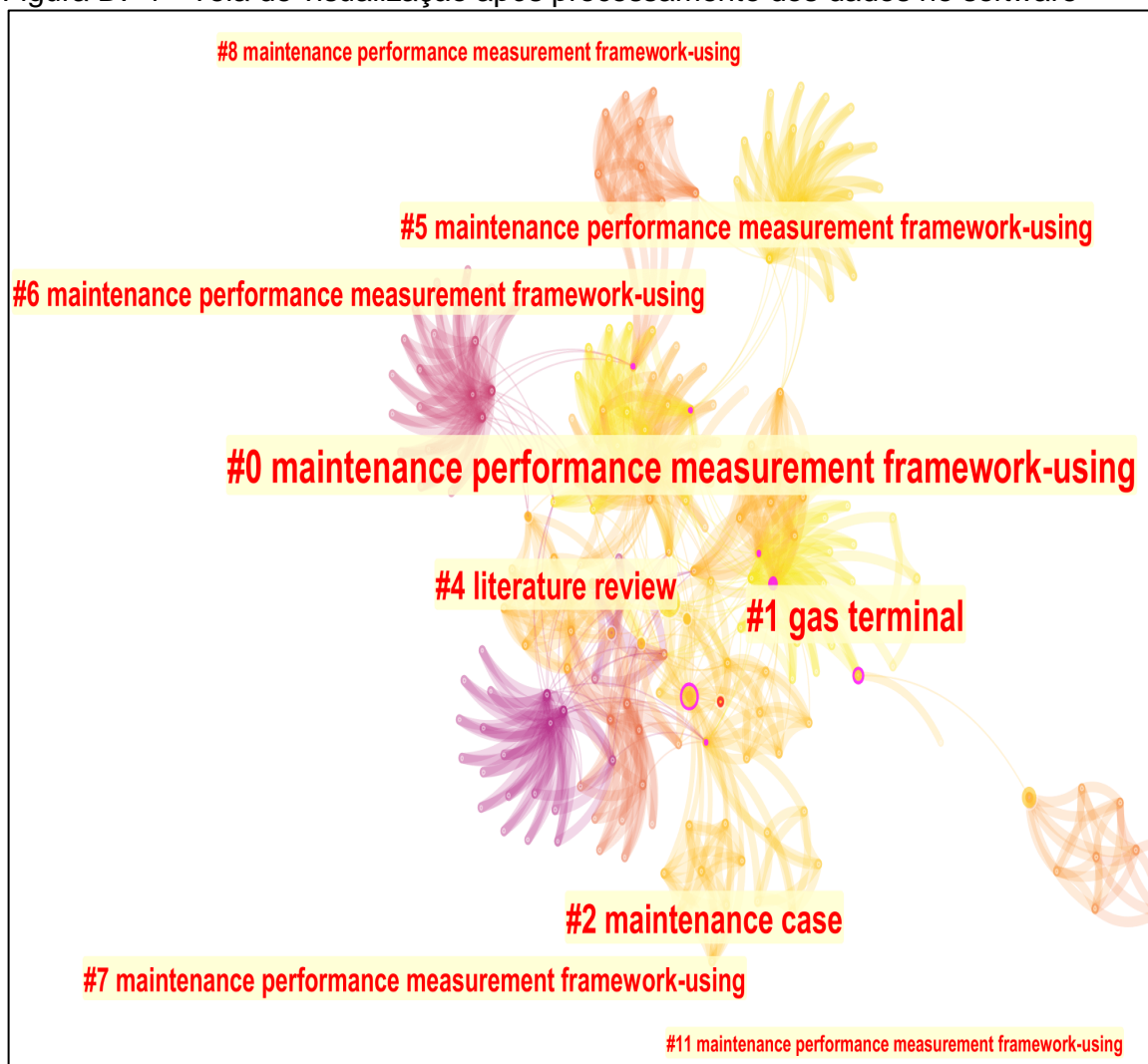
APÊNDICE D – KPIS DE MANUTENÇÃO NA BASE WoS

A partir do encontro das principais áreas e autores encontrados para os KPIS de Sustentabilidade na base WoS, o mesmo procedimento será realizado para KPIS de Manutenção. Os dados utilizados para a análise de KPIS de Manutenção, foram os mesmos coletados no tópico 2.6 expressos detalhadamente no Apêndice F, na base WoS. Logo, temos que para essa coleta foi gerado um total de 33 trabalhos entre os anos de 1998 a 2020. E ao passar pela conferência de duplicatas, com o intuito de garantir a unicidade das informações, o banco de dados exibe um total de 32 trabalhos

Ao realizar o processamento dos dados, gerando relatórios por meio do critério de cocitação para autor citado, com a função de ‘agrupamento de selecionar *clusters*’ acionada os valores de *cluster*, ‘modularidade’ e ‘silhueta significativa’ foram encontrados com os seguintes valores respectivamente: 24, 0.7768 e 0.7702. Os termos encontrados são classificados de acordo com os ‘títulos’ e as principais áreas são redimensionadas em ‘*clusters*: uniformizado/proporcional’, acompanhados pelo símbolo cerquilha (#).

Com isso, tem que as principais áreas que envolvem os KPIS de Manutenção, conforme mostra a Figura D. 1 são: #0 *maintenance performance measurement framework-using* (manutenção de estrutura de medição de desempenho), #1 *gas terminal* (terminal de gás) e #2 *maintenance case* (caso de manutenção).

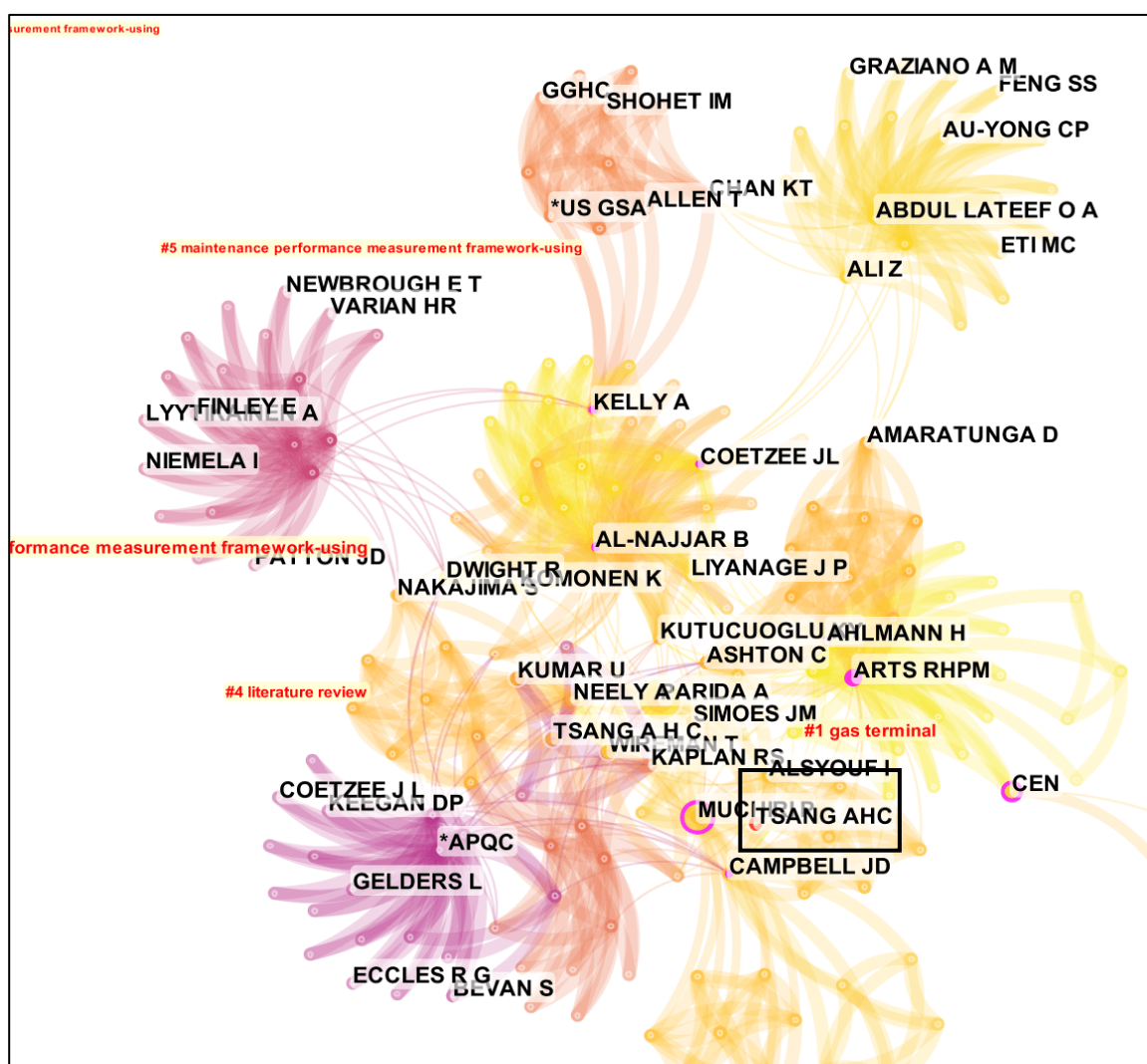
Figura D. 1 - Tela de visualização após processamento dos dados no software



Fonte: elaborado a partir do software CiteSpace®

Com as principais áreas encontradas, os recursos ‘tamanho do nó’ – ‘histórico do anel de árvore’ e ‘explosão de frequência de citação’ são acionados para o encontro dos autores com explosão de citações no período mais atual do banco de dados. Gerando uma tela, conforme mostra a Figura D. 2.

Figura D. 2 - Seleção do histórico do anel de árvore e explosão de frequência para KPIs de Manutenção na base WoS

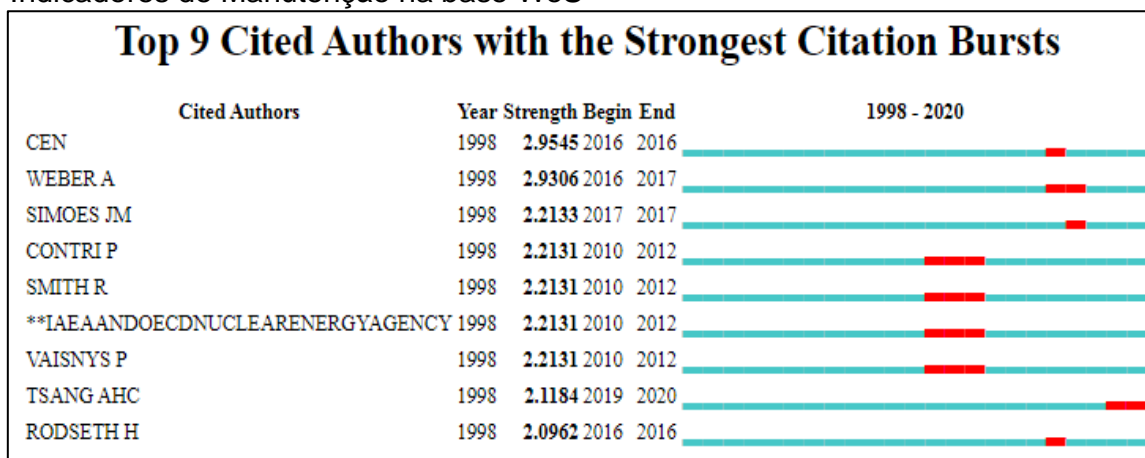


Fonte: elaborado a partir do software CiteSpace®

Para esses dados, como mostrado na Figura D. 2, o CiteSpace® consegue identificar 1 autor com explosão recente de citação. Sendo o seguinte: Tsang A.H.C (TSANG, 2002).

Com isso o software gera uma lista com os autores que tiveram destaque em todo o período da coleta, como demonstra a Figura D. 3.

Figura D. 3 - Lista dos 9 autores que tiveram o maior número de citações na área de Indicadores de Manutenção na base WoS



Fonte: elaborado a partir do software CiteSpace®

Portanto a Figura D. 3 indica que para uma coleta de dados de 1998 a 2020, os três autores que tiveram maior destaque com relação a força de citação foram: Cen (CEN – EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION, 2007), Weber A.(WEBER, 2000) e Simoes J.M.(SIMÕES; GOMES; YASIN, 2011). Para uma visualização completa dos dados coletados na base WoS envolvendo KPIs de Manutenção, a rede por meio do recurso da linha do tempo será analisada, como mostra a Figura D. 4, apresentando o histórico do surgimento das referências contidas no banco de dados.

Figura D. 5 - Explorando os *clusters* para KPIs de Manutenção na base WoS

Select	Cluster ID	Size	Silhouette	mean(Year)	Top Terms (LSI)	Top Terms (log-likelihood ratio, p-l...)	Terms (mutual information)
<input type="checkbox"/>	0	34	0.861	2014	development of a maintenance per...	maintenance performance measur...	maintenance performance measur...
<input type="checkbox"/>	1	33	0.962	2017	development of a model for mainte...	gas terminal (3.66, 0.1); case study...	gas terminal (0.2); case study (0.2)...
<input type="checkbox"/>	2	27	0.876	2015	maintenance performance indicato...	maintenance case (6.51, 0.05); ind...	industrial hub (0.27); maintenance...
<input type="checkbox"/>	4	26	0.831	2006	management literature review, ma...	literature review (4.42, 0.05); perfor...	railway infrastructure performance...
<input type="checkbox"/>	5	21	1	2018	...	maintenance performance measur...	literature review (0.13); performanc...
<input type="checkbox"/>	6	20	1	2002	...	maintenance performance measur...	literature review (0.13); performanc...
<input type="checkbox"/>	7	19	1	1999	...	maintenance performance measur...	literature review (0.13); performanc...
<input type="checkbox"/>	8	12	0.958	2009	...	maintenance performance measur...	literature review (0.13); performanc...
<input type="checkbox"/>	11	9	0.996	2010	...	maintenance performance measur...	literature review (0.13); performanc...

Fonte: elaborado a partir do software CiteSpace®

Logo, tem-se que o *cluster* 0 exibe uma quantidade de 34 autores, representando o seu tamanho, com uma silhueta de 0.861 e uma média de anos (*mean year*) de 2014. A Figura D. 5 também apresenta informações sobre os termos de buscas e esses dados são mais detalhados na Figura D. 6 com valores individuais para silhueta, enquanto e, a Figura D. 7 apresenta o artigo encontrado para este grupo.

Figura D. 6 - Termos do *cluster* 0 com suas respectivas silhuetas para KPIs de Manutenção na base WoS

Label (MI)
maintenance performance measurement framework-using (0.2); maintenance performance indicator selection (0.2); analytic network process (0.2); railway infrastructure performance (0.1); industrial hub (0.1); gas terminal (0.1); maintenance performance indicator (0.1); maintenance analysis (0.1); case study (0.1); maintenance performance measurement (0.1); literature review (0.04); performance measurement (0.04); maintenance case (0.04)

Fonte: elaborado a partir do software CiteSpace®

Figura D. 7 - Artigo do *cluster* 0 para KPIs de Manutenção na base WoS

Coverage	GCS	LCS	Bibliography
17	98	1	Van Horenbeek, Adriaan (2014) Development of a maintenance performance measurement framework-using the analytic network process (anp) for maintenance performance indicator selection. OMEGA-INTERNATIONAL JOURNAL OF MANAGEMENT SCIENCE, V42, P14 DOI 10.1016/j.omega.2013.02.006

Fonte: elaborado a partir do software CiteSpace®

O trabalho mencionado na Figura D. 7 contém uma cobertura de 17 para um total de 34 referências alocadas neste grupo, um GCS de 98 citações na base WoS e um LCS de 1 citação dentro da coleção. A janela de referências citadas, mostra de forma detalhada quais são os autores que pertencem aos trabalhos alocados no

cluster 0. A Figura D. 8 mostra de forma detalhada quais são esses autores, sua frequência de ocorrência e centralidade.

Figura D. 8 - Janela de referências citadas do *cluster* 0 para KPIs de Manutenção na base WoS

Freq	Centrality	Author	Year	Cluster
1	0.04	Bourne M	2014	0
3	0.07	Dwight R	1999	0
1	0.00	Jharkharia S	2014	0
1	0.00	Jardine A	2014	0
1	0.00	Assaf SA	2019	0
1	0.00	Chemweno P	2019	0
1	0.00	Kumar J	2019	0
1	0.00	Grigoroudis E	2014	0
4	0.04	KOMONEN K	2002	0
1	0.00	Marais KB	2014	0
6	0.03	KUTUCUOGLU KY	2008	0
2	0.02	Dekker R	1999	0
1	0.00	Hawkes D	2019	0
1	0.00	Liu M	2014	0
1	0.00	Chen TH	2019	0
1	0.00	Laihonen H	2019	0
1	0.00	Murthy D N P	2014	0
2	0.00	Mobley RK	2015	0
1	0.04	Barzilai J	2014	0
6	0.12	Al-Najjar B	2014	0
1	0.00	Bucher C	2014	0
1	0.00	FICHTNER J	2014	0
2	0.00	Liyanage J P	2019	0
1	0.00	Ilgin MA	2014	0
1	0.00	Partovi FY	2014	0
4	0.18	Coetzee JL	2014	0
1	0.00	Chan D W M	2019	0
1	0.00	Marquez AC	2014	0
1	0.00	Hatry H	2019	0
1	0.00	Gustafson A	2019	0
1	0.00	DYER RF	2014	0
1	0.00	Da Silveira G	2014	0
1	0.00	Jasiulewicz-Kaczmarek M	2019	0
1	0.00	Martorell S	2014	0

Fonte: elaborado a partir do software CiteSpace®

De acordo com a Figura D. 8, os autores que tiveram maior destaque com relação a frequência de ocorrências e centralidade foram: Al-Najjar B. (AL-NAJJAR, 2007), Coetzee J.L. (COETZEE, 1998) e Kutucuoglu K.Y.(KUTUCUOGLU et al., 2001). Os demais valores das centralidades apresentaram valores próximo a 0, representando uma grande dispersão na área interessada.

O segundo *cluster*, identificado como 1 tem um tamanho de 33, representando o total de autores citados. A silhueta tem um valor de 0.962 e a média de anos (*mean year*) desse grupo de 2017. A Figura D. 9 apresenta detalhadamente os termos que constituem o *cluster* 1, informando de forma individual o valor da silhueta. Enquanto que, a Figura D. 10 apresenta o artigo encontrado para este *cluster*.

Figura D. 9 - Termos do *cluster* 1 com suas respectivas silhuetas para KPIs de Manutenção na base WoS

Label (MI)
gas terminal (0.2); case study (0.2); maintenance performance measurement (0.2); maintenance performance measurement framework-using (0.1); railway infrastructure performance (0.1); industrial hub (0.1); maintenance performance indicator selection (0.1); maintenance performance indicator (0.1); maintenance analysis (0.1); analytic network process (0.1); literature review (0.04); performance measurement (0.04); maintenance case (0.04)

Fonte: elaborado a partir do software CiteSpace®

Figura D. 10 - Artigo do *cluster* 1 para KPIs de Manutenção nas base WoS

Coverage	GCS	LCS	Bibliography
18	0	1	Ku, Sungtae (2020) Development of a model for maintenance performance measurement a case study of a gas terminal. JOURNAL OF QUALITY IN MAINTENANCE ENGINEERING, V26, P18 DOI 10.1108/JQME-07-2018-0060

Fonte: elaborado a partir do software CiteSpace®

A Figura D. 10 retorna que para o *cluster* 1 a cobertura do artigo citado equivale a 18 referências de um total de 33 existentes no grupo relacionado. O total de citações mostrado pelo GCS é de 0 na base de dados e as citações dentro da coleção equivale a 1. A partir disso, é demonstrado na Figura D. 11 a janela de referências citadas, mostrando detalhadamente os autores, as frequências de ocorrências e suas respectivas centralidades.

Figura D. 11 - Janela de referências citadas para o *cluster* 1 para KPIs de Manutenção na base WoS

Freq	Centrality	Author	Year	Cluster
1	0.00	Salminen J	2020	1
1	0.00	Gupta P	2019	1
1	0.00	PETERS RW	2020	1
4	0.10	CEN	2016	1
2	0.05	Amaratunga D	2015	1
1	0.00	Ardalan A	2015	1
1	0.00	Riis JO	2020	1
2	0.00	Rodseth H	2016	1
2	0.03	ASHTON C	1999	1
1	0.00	Al-Sultan K S	2015	1
1	0.00	**CEN-EuropeanCom...	2015	1
1	0.07	Brown M G	2020	1
1	0.00	KOGAS	2020	1
1	0.00	Arca JG	2015	1
1	0.00	Andersen B	2015	1
1	0.00	Rouse P	2020	1
2	0.11	Ahlmann H	2015	1
1	0.00	da Silva CMI	2019	1
4	0.21	Arts RHPM	2015	1
1	0.00	Kodali R	2020	1
1	0.00	Altmannshoffer R	2015	1
1	0.00	Ku S	2020	1
1	0.00	NEELY A D	2020	1
1	0.00	N-company	2020	1
1	0.00	JIPM	2020	1
1	0.00	Abran A	2015	1
1	0.01	Brown MG	2020	1
1	0.00	Peng K	2020	1
1	0.00	Brojo F	2019	1
1	0.00	Automain	2015	1
1	0.00	Gulati R	2020	1
1	0.00	Khoiri Agniya	2019	1
1	0.00	Narayan V	2020	1

Fonte: elaborado a partir do software CiteSpace®

Logo, de acordo com a Figura D. 11 o autor que obteve maior destaque com relação a frequência de ocorrências e centralidade foi: Ahlmann H. (AHLMANN, 2002), Arts RHPM (ARTS; KNAPP; MANN, 1998) e Cen (CEN – EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION, 2007). Os demais valores das centralidades apresentaram valores próximo a 0, o que representa dispersão na área de interesse deste *cluster*.

Com isso, o último *cluster* desse conjunto de dados é analisado. Identificado como 2 tem um tamanho de 27, representando o total de autores citados. A silhueta tem um valor de 0.876. E a média de anos (*mean year*) desse *cluster* é de 2015. A Figura D. 12 apresenta detalhadamente os termos que constituem o *cluster* 3, informando de forma individual o valor da silhueta. Enquanto que, a Figura D. 13 apresenta os artigos encontrados.

Figura D. 12 - Termos do *cluster 2* com suas respectivas silhuetas para KPIs de Manutenção na base WoS

Label (MI)
industrial hub (0.27); maintenance performance indicator (0.27); maintenance case (0.26); maintenance performance measurement framework-using (0.2); railway infrastructure performance (0.2); gas terminal (0.2); maintenance performance indicator selection (0.2); maintenance analysis (0.2); case study (0.2); maintenance performance measurement (0.2); analytic network process (0.2); literature review (0.1); performance measurement (0.1)

Fonte: elaborado a partir do software CiteSpace®

Figura D. 13 - Artigos do *cluster 2* para KPIs de Manutenção nas bases WoS

Coverage	GCS	LCS	Bibliography
9	1	1	Rijsdijk, Chris (2016) Observing the effect of a policy: a maintenance case . JOURNAL OF QUALITY IN MAINTENANCE ENGINEERING, V22, P25 DOI 10.1108/JQME-10-2014-0055
6	5	1	Oliveira, Marcelo (2016) Use of maintenance performance indicators by companies of the industrial hub of manaus . SIXTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON CHANGEABLE, AGILE, RECONFIGURABLE AND VIRTUAL PRODUCTION (CARV2016) DOI 10.1016/j.procir.2016.07.071

Fonte: elaborado a partir do software CiteSpace®

A Figura D. 13 demonstra que de um total de 27 referências alocadas no *cluster 2*, o primeiro artigo possui uma cobertura de 9, e assim sucessivamente. O valor resultante do GCS foi de um total de 1 citações dentro da WoS e o LCS de 1 citação dentro da coleção para o primeiro trabalho. A janela de 'referências citadas', quais são os autores que pertencem aos trabalhos alocados no *cluster 2*. Como apresenta a Figura D. 14 com informações sobre: autores, frequências de ocorrências e suas respectivas centralidades.

Figura D. 14 - Janela de referências citadas para o *cluster 2* para KPIs de Manutenção na base WoS

Freq	Centrality	Author	Year	Cluster
1	0.00	EFNMS and SMRP	2016	2
1	0.00	Blanchard B S	2016	2
1	0.00	Fernandez O	2016	2
1	0.00	BAAS SM	2017	2
1	0.00	Atkinson P	2016	2
1	0.00	Box GEP	2016	2
1	0.00	Cocca P	2017	2
1	0.00	Bernoulli D	2016	2
1	0.00	Chan FTS	2017	2
1	0.00	Broome John	2016	2
3	0.00	Muchiri PN	2014	2
1	0.00	CRAWFORD KM	2016	2
1	0.00	Craig CS	2016	2
1	0.00	Beshears J	2016	2
5	0.10	CAMPBELL JD	1999	2
1	0.00	Drucker P	2016	2
5	0.01	Simoës JM	2015	2
10	0.11	Muchiri P	2014	2
7	0.01	Alsyouf I	2015	2
2	0.00	Ratnayake RMC	2017	2
1	0.00	Besikci U	2017	2
4	0.00	Weber A	2016	2
1	0.00	Chabra S	2017	2
13	0.04	Parida A	2008	2
7	0.00	Tsang AHC	2015	2
1	0.00	De Finetti B	2016	2
1	0.00	Bortolotti T	2016	2

Fonte: elaborado a partir do software CiteSpace®

Diante disso, o *cluster 2* apresenta assim como os *clusters 0* e *1*, uma considerável dispersão da área de pesquisa, conforme mostra os valores da centralidade e frequências na Figura D. 14. Alguns autores conseguem obter variações apresentando um valor maior que 0, como é o caso de Campbell D.(CAMPBELL, JOHN D.; JARDINE, 2001) e Muchiri P. (MUCHIRI et al., 2010), sendo que estes podem apresentar uma importância significativa dentro do objetivo do estudo.

Assim, considerando as identificações feitas pela análise de cocitações, as principais referências encontradas em dados coletados na base WoS para KPIs de Manutenção são: Ahlman (2002); Al-Najjar (2007); Arts (1998); Campbell, John e Jardine (2001); Cen (2007); Coetzee (1998); Kutucuoglu et al.(2001); Muchiri et al. (2010); Simões, Gomes e Yasin (2011); Weber (2000) e Tsang (2002).

APÊNDICE E – KPIS DE MANUTENÇÃO NA BASE SCOPUS

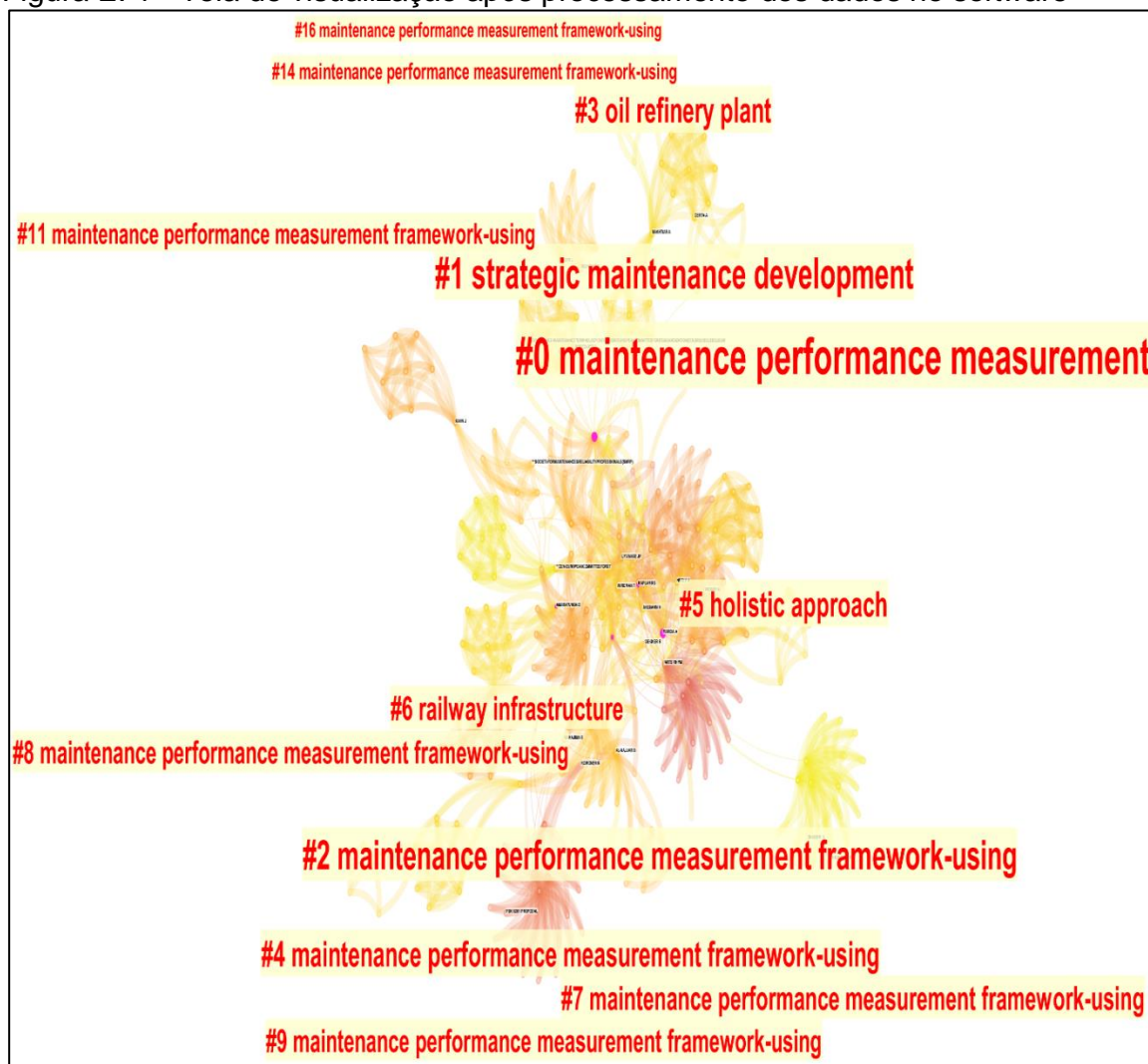
A partir do encontro das principais áreas e autores encontrados para os KPIS de Sustentabilidade na base Scopus, o mesmo procedimento será realizado para KPIS de Manutenção. Os dados utilizados para a análise de KPIS de Manutenção, foram os mesmos coletados no tópico 2.6 expressos detalhadamente no Apêndice F, na base Scopus. Logo, temos que para essa coleta foi gerado um total de 65 trabalhos entre os anos de 1985 a 2020. E ao passar pela conversão dos dados para o formato WoS, a conferência de duplicatas é realizada, gerando um total de dados de 57 trabalhos.

Com a coleta realizada, os dados são adicionados no software e processados. Após o processamento o recurso ‘encontrar *cluster*’ é acionado e os valores de *clusters*, modularidade e silhueta significativa são encontrados, com o intuito de descobrir a segurança dos dados. Com isso temos que o software retornou um total de 30 *clusters*, uma modularidade de 0.7844 e uma silhueta significativa de 0.8412. Resultando em valores significativos para os dados em questão.

Em seguida, é realizada uma classificação dos grupos em termos de títulos e posterior redimensionamento das áreas. Com o intuito de ressaltar visualmente as principais áreas. Acompanhados pelo símbolo cerquilha (#), quanto maior o *cluster*, maior é a quantidade de citações dos autores que envolvem esse grupo.

Com isso, tem que as principais áreas que envolvem os KPIS de Manutenção para dados da Scopus, conforme mostra a Figura E. 1 são: #0 *maintenance performance measurement* (medição de desempenho de manutenção), #1 *strategic maintenance development* (desenvolvimento de manutenção estratégica) e #2 *maintenance performance measurement framework-using* (medição de desempenho de manutenção usando *framework*).

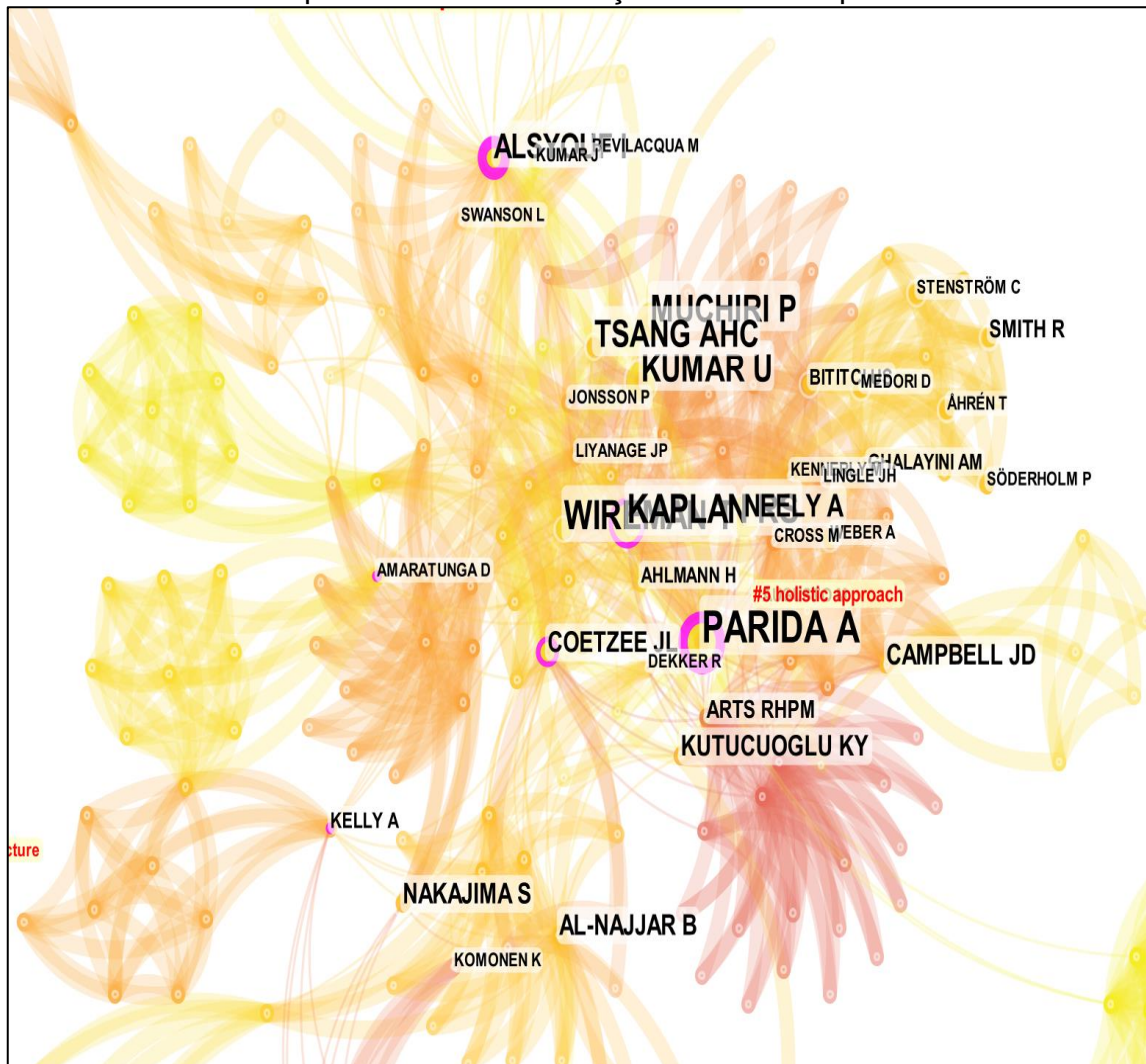
Figura E. 1 - Tela de visualização após processamento dos dados no software



Fonte: elaborado a partir do software CiteSpace®

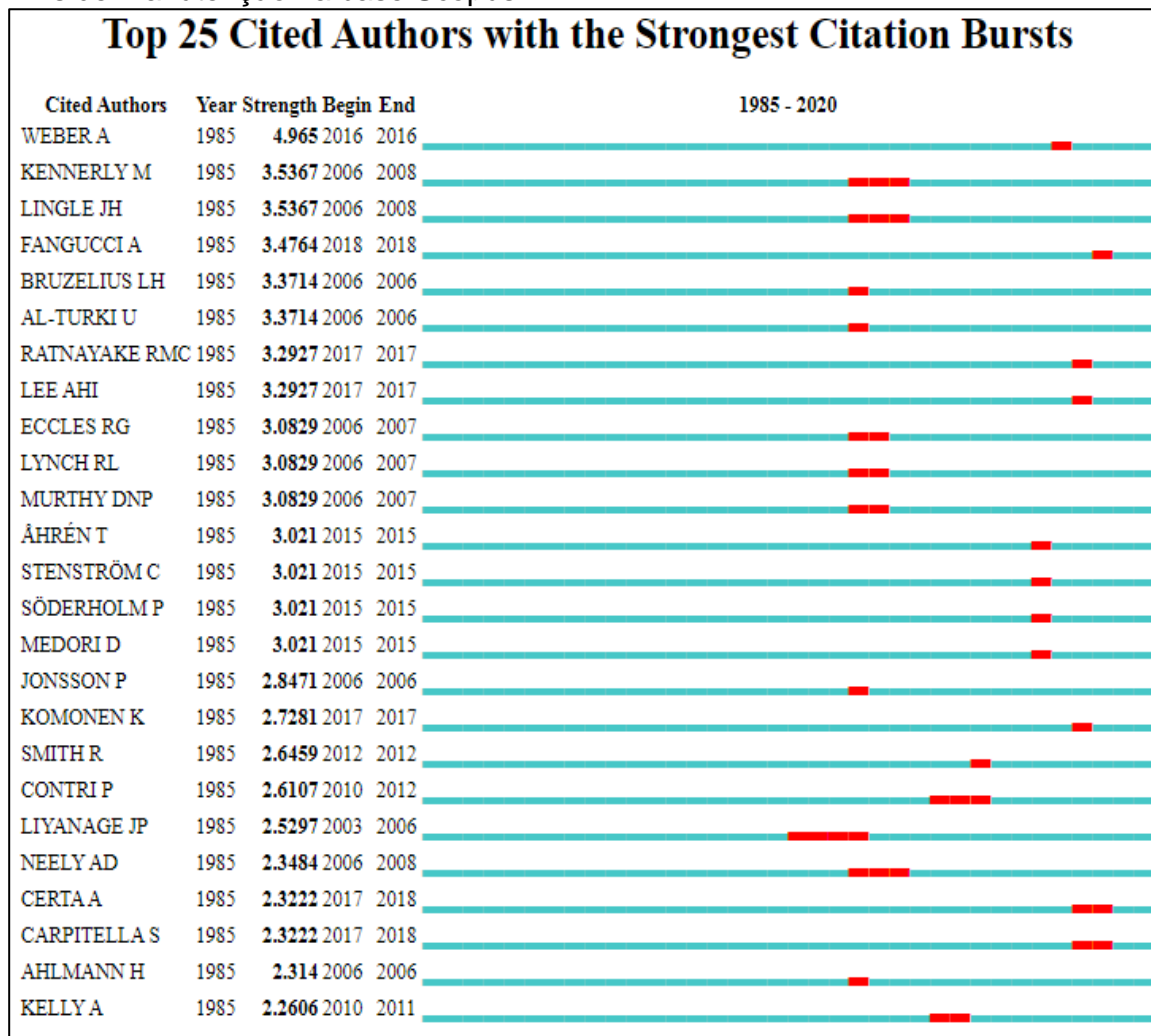
O recurso tamanho do nó – histórico do anel de árvore e explosão de frequência de citação serão acionados para verificar quais as áreas com anéis de citações mais ativos no período mais recente do banco de dados. Conforme mostra a Figura E. 2, o CiteSpace® para os dados da Scopus, não conseguiu encontrar explosões de *burst* no período mais recente do banco de dados. O que indica que as referências mais significativas nesta análise são anteriores ao ano de 2020. Logo, foi gerada uma lista com os autores que tiveram maior destaque durante todo o período do banco de dados, como mostra a Figura E. 3.

Figura E. 2 - Seleção do histórico do anel de árvore e explosão de frequência com autores selecionados para KPIs de Manutenção na base Scopus



Fonte: elaborado a partir do software CiteSpace®

Figura E. 3 - Lista dos 25 autores que tiveram o maior número de citações na área de KPIs de Manutenção na base Scopus



Fonte: elaborado a partir do software CiteSpace®

Logo, por meio da Figura E. 3, pode-se encontrar os principais autores durante todo o período dos dados, de 1985 a 2020, dando enfoque aos três primeiros da lista, classificados segundo sua força de citação sendo os seguintes: Weber A. (WEBER, 2000), Kennerley M. (KENNERLEY; NEELY, 2003), Lingle J. H (LINGLE; SCHIEMANN, 1996).

Com o intuito de visualizar o surgimento histórico de cada autor, o CiteSpace® contém um recurso de visualização de 'linha do tempo'. Apresentada mediante a Figura E. 4.

Figura E. 5 - Explorando os *clusters* para KPIs de Manutenção na base Scopus

Select	Cluster ID	Size	Silhouette	mean(Year)	Top Terms (LSI)	Top Terms (log-likelihood ratio, p-l...	Terms (mutual information)
<input type="checkbox"/>	0	45	0.84	2009	continuous improvement, railway L...	maintenance performance measur...	railway infrastructure performance ...
<input type="checkbox"/>	1	33	0.829	2010	efficiency, hierarchical framework, ...	strategic maintenance developme...	using performance indicator (0.85)...
<input type="checkbox"/>	2	30	0.945	2014	development of a maintenance per...	maintenance performance measur...	maintenance performance measur...
<input type="checkbox"/>	3	23	0.984	2017	structured methodology for selectio...	oil refinery plant (5.14, 0.05); struc...	oil refinery plant (0.12); structur...
<input type="checkbox"/>	4	22	0.992	2002	...	maintenance performance measur...	maintenance performance measur...
<input type="checkbox"/>	5	22	0.92	2001	measuring maintenance performa...	holistic approach (6.19, 0.05); mea...	holistic approach (0.11); measurin...
<input type="checkbox"/>	6	20	0.832	2008	maintenance performance indicato...	railway infrastructure (6.19, 0.05); ...	railway infrastructure (0.11); maint...
<input type="checkbox"/>	7	19	1	2020	...	maintenance performance measur...	maintenance performance measur...
<input type="checkbox"/>	8	18	0.937	2013	...	maintenance performance measur...	maintenance performance measur...
<input type="checkbox"/>	9	18	0.975	2016	...	maintenance performance measur...	maintenance performance measur...
<input type="checkbox"/>	11	15	1	2011	...	maintenance performance measur...	maintenance performance measur...
<input type="checkbox"/>	14	9	0.981	2016	...	maintenance performance measur...	maintenance performance measur...
<input type="checkbox"/>	16	8	1	2014	...	maintenance performance measur...	maintenance performance measur...

Citing Articles Keywords			Cited References Keywords															
Coverage	GCS	LCS	Bibliography															
			Freq	Burst	Degr.	Centr.	Σ	Page...	Keyw...	Author	Year	Title	Source	Vol	Page	Half...	DOI	Clust

Fonte: elaborado a partir do software CiteSpace®

Diante disso, o *cluster 0* é composto por um tamanho de 45 referências, com uma silhueta de 0.840 e uma média de anos (*mean year*) de 2009 para os trabalhos envolvidos. A Figura E. 5 também apresenta informações sobre os termos de buscas e esses dados são mais detalhados na Figura E. 6 com valores individuais para silhueta, enquanto que, a Figura E. 7 apresenta os artigos encontrados.

Figura E. 6 - Termos do *cluster 0* com suas respectivas silhuetas para KPIs de Manutenção na base Scopus

Label (MI)
railway infrastructure performance (0.43); maintenance analysis (0.43); maintenance performance measurement framework-using (0.4); oil refinery plant (0.4); using performance indicator (0.4); holistic approach (0.4); structured methodology (0.4); railway infrastructure (0.4); maintenance performance indicator selection (0.4); maintenance performance indicator (0.4); hierarchical framework (0.4); measuring maintenance performance (0.4); maintenance efficacy (0.4); key performance indicator (0.4); analytic network process (0.4); railway infrastructure management (0.31); maintenance performance measurement (0.29); decision methodology (0.24); maintenance kpi selection (0.24); maintenance performance measurement system (0.17); strategic maintenance development (0.13)

Fonte: elaborado a partir do software CiteSpace®

Figura E. 7 - Artigos do *cluster* 0 para KPIs de Manutenção na base Scopus

Coverage	GCS	LCS	Bibliography
13	175	1	Parida, A (2006) Maintenance performance measurement (mpm): issues and challenges . Journal of Quality in Maintenance Engineering, V12, P13 DOI 10.1108/13552510610685084
11	6	1	Famurewa, SM (2015) Maintenance analysis for continuous improvement of railway infrastructure performance . Structure and Infrastructure Engineering, V11, P13 DOI 10.1080/15732479.2014.921929
11	1	1	Famurewa, SM (2015) Application of maintenance performance measurement for continuous improvement in railway infrastructure management . International Journal of COMADEM, V18, P10 DOI null

Fonte: elaborado a partir do software CiteSpace®

O primeiro trabalho mencionado na Figura E. 7, contém uma cobertura de 13 para um total de 45 referências existentes no grupo, um GCS de 175 citações na base Scopus e um LCS de 1 citação dentro da coleção. Com isso, podemos analisar a janela de referências citadas, que mostra de forma detalhada quais são os autores que pertencem aos trabalhos alocados no *cluster* 0, apresentada na Figura E. 8.

Figura E. 8 - Janela de referências citadas para KPIs de Manutenção na base Scopus

Freq	Centrality	Author	Year	Cluster
1	0.00	Gomes CF	2008	0
1	0.00	Blair M	2008	0
3	0.00	Stenström C	2015	0
3	0.00	Söderholm P	2015	0
3	0.00	Lingle JH	2006	0
1	0.00	Engelkemeyer S	2007	0
1	0.00	Cocca P	2017	0
3	0.00	Åhrén T	2015	0
1	0.00	Meyer MW	2006	0
2	0.00	Neely AD	2006	0
1	0.00	Paulin M	2006	0
3	0.00	Medori D	2015	0
1	0.00	Bass MS	2017	0
1	0.00	Besikci U	2017	0
1	0.00	Banks RL	2008	0
1	0.00	Chan F	2017	0
2	0.00	Yuan J	2015	0
1	0.00	Pun KF	2006	0
6	0.02	Kutucuoglu KY	2008	0
2	0.00	Rouse P	2019	0
2	0.01	Atkinson AA	1999	0
3	0.00	Kennerly M	2006	0
3	0.02	Cross M	1999	0
9	0.08	Neely A	1999	0
6	0.05	Campbell JD	1999	0
16	0.20	Kaplan RS	1999	0
3	0.00	Augusto M	2008	0
2	0.00	Mobley RK	2015	0
1	0.00	Danielson B	2006	0
2	0.00	Kennerly M	2015	0
1	0.01	**ElectrotechnicalCommissionI	2006	0
1	0.00	Dumond EJ	2006	0
2	0.00	Carretero J	2015	0
5	0.00	Smith R	2012	0
2	0.00	Eccles RG	2006	0
1	0.00	Chabra S	2017	0
2	0.00	Dale BG	2015	0
2	0.00	Dettmer HW	2015	0
1	0.00	Of Energy D	2006	0
2	0.05	Al-Sultan KS	2006	0
2	0.00	Murthy DNP	2006	0
4	0.01	Ghalayini AM	2008	0
2	0.00	Lynch RL	2006	0
4	0.02	Bititci US	2006	0
1	0.00	Hayes RH	2008	0

Fonte: elaborado a partir do software CiteSpace®

De acordo com a Figura E. 8 o autor que teve maior destaque com relação a frequência de ocorrências e centralidade foram: Kaplan R. S (KAPLAN; NORTON, 2005). Os demais valores das centralidades apresentaram valores próximo a 0, representando uma grande dispersão na área interessada.

O segundo *cluster* definido como 1, possui um tamanho de 33, uma silhueta de 0.829 e uma média de anos (*mean year*) 2010. A Figura E. 9 apresenta detalhadamente os termos que constituem o *cluster* 1, informando de forma individual o valor da silhueta. Enquanto que, a Figura E. 10 apresenta os artigos citados utilizados para a coleta desses termos.

Figura E. 9 - Termos do *cluster* 1 com suas respectivas silhuetas para KPIs de Manutenção na base Scopus

Label (MI)
using performance indicator (0.85); hierarchical framework (0.85); maintenance efficacy (0.85); maintenance performance measurement framework-using (0.84); oil refinery plant (0.84); holistic approach (0.84); structured methodology (0.84); railway infrastructure performance (0.84); railway infrastructure (0.84); maintenance performance indicator selection (0.84); maintenance performance indicator (0.84); maintenance analysis (0.84); measuring maintenance performance (0.84); key performance indicator (0.84); analytic network process (0.84); decision methodology (0.6); maintenance kpi selection (0.6); railway infrastructure management (0.58); maintenance performance measurement system (0.47); strategic maintenance development (0.4); maintenance performance measurement (0.31)

Fonte: elaborado a partir do software CiteSpace®

Figura E. 10 - Artigos do *cluster* 1 para KPIs de Manutenção na base Scopus

Coverage	GCS	LCS	Bibliography
13	10	1	Salonen, A (2011) The potential in strategic maintenance development . Journal of Quality in Maintenance Engineering, V17, P14 DOI 10.1108/13552511111180168
5	7	1	Kumar, U (2006) Development and implementation of maintenance performance measurement system: issues and challenges . 1st World Congress on Engineering Asset Management, WCEAM 2006 DOI 10.1007/978-1-84628-814-2_78
3	3	1	Gonçalves, CDF (2014) Decision methodology for maintenance kpi selection: based on electre i . 8th International Conference on Management Science and Engineering Management, ICMSEM 2014, V281, P12 DOI 10.1007/978-3-642-55122-2_87
3	4	1	Galante, GM (2015) A hierarchical framework for the measurement of maintenance efficacy and efficiency using performance indicators . European Safety and Reliability Conference, ESREL 2014 DOI 10.1201/b17399-156

Fonte: elaborado a partir do software CiteSpace®

A Figura E. 10 mostra que para o *cluster* 1 a cobertura do primeiro artigo citado equivale a 13 entre o tamanho total de 33. O total de citações mostrado pelo GCS é de 10 na base Scopus e as citações dentro da coleção equivale a 1. A partir disso, é demonstrado na Figura E. 11 a janela de referências citadas, mostrando detalhadamente os autores, as frequências de ocorrências e suas respectivas centralidades.

Figura E. 11 - Janela de referências citadas para o clustes 1 para KPIs de Manutenção na base Scopus

Freq	Centrality	Author	Year	Cluster
2	0.00	Saaty TL	2015	1
14	0.03	Kumar U	2003	1
2	0.00	Bruzelius LH	2006	1
2	0.01	Chemweno P	2019	1
1	0.00	**INTERNATIONALELECTROTECHNICALCO...	2015	1
3	0.06	Kumar J	2014	1
1	0.01	Badia FG	2011	1
2	0.00	Sari E	2019	1
2	0.00	Tsang A	2019	1
1	0.00	Ellingsen HP	2006	1
1	0.02	Ahlmann HR	2011	1
3	0.02	Bevilacqua M	2011	1
1	0.00	60300-3-3 IEC	2015	1
14	0.01	Muchiri P	2014	1
11	0.28	Alsyouf I	2011	1
2	0.00	Al-Turki U	2006	1
1	0.00	Vanneste SG	2011	1
2	0.00	Lee AHI	2017	1
2	0.00	Ratnayake RMC	2017	1
1	0.00	Herring JP	2006	1
3	0.00	Jonsson P	2006	1
1	0.00	Todinov MT	2011	1
1	0.00	Saranga H	2011	1
7	0.17	Coetzee JL	1999	1
2	0.03	Aghezzaf EH	2011	1
22	0.22	Parida A	2006	1
2	0.00	Simões JM	2015	1
13	0.01	Tsang AHC	2006	1
3	0.00	Swanson L	2011	1
1	0.00	Salonen A	2011	1
16	0.07	Wireman T	2006	1
1	0.00	Ahren T	2006	1
1	0.00	Maggard B	2011	1

Fonte: elaborado a partir do software CiteSpace®

De acordo com a Figura E. 11 os autores que obtiveram maior destaque com relação a frequência de ocorrências e centralidade fora: Parida A. (PARIDA, 2006), Alsyouf I (ALSYOUF, 2009) e Coetzee J. L. (COETZEE, 1998). Os demais valores das centralidades apresentaram valores próximo a 0, representando uma grande dispersão na área interessada.

O *cluster 2* tem um tamanho de 30, silhueta tem um valor de 0.945, e uma média de anos (*mean year*) de 2014. A Figura E. 12 apresenta os termos que constituem o *cluster 2*, informando de forma individual o valor da silhueta. Enquanto que, a Figura E. 13 apresenta os artigos encontrados.

Figura E. 12 - Termos do *cluster 2* com suas respectivas silhuetas para KPIs de Manutenção na base Scopus

Label (MI)
maintenance performance measurement framework-using (0.12); maintenance performance indicator selection (0.12); analytic network process (0.12); oil refinery plant (0.04); using performance indicator (0.04); holistic approach (0.04); structured methodology (0.04); railway infrastructure performance (0.04); railway infrastructure (0.04); maintenance performance indicator (0.04); maintenance analysis (0.04); hierarchical framework (0.04); measuring maintenance performance (0.04); maintenance efficacy (0.04); key performance indicator (0.04); maintenance performance measurement (0.03); strategic maintenance development (0.02); decision methodology (0.01); railway infrastructure management (0.01); maintenance kpi selection (0.01); maintenance performance measurement system (0.01)

Fonte: elaborado a partir do software CiteSpace®

Figura E. 13 - Artigos do *cluster 2* para KPIs de Manutenção nas bases Scopus

Coverage	GCS	LCS	Bibliography
11	129	1	Van, Horenbeek (2014) Development of a maintenance performance measurement framework-using the analytic network process (anp) for maintenance performance indicator selection . Omega (United Kingdom), V42, P14 DOI 10.1016/j.omega.2013.02.006

Fonte: elaborado a partir do software CiteSpace®

Diante disso, temos que o artigo dentro do *cluster 2*, conforme mostra a Figura E. 13, apresenta uma cobertura de 11 em um total de 23 referências. O valor resultante do GCS foi de um total de 129 citações na base Scopus e o LCS de 1 citação dentro da coleção para o primeiro trabalho. A janela de referências citadas, mostra de forma detalhada quais são os autores que pertencem aos trabalhos alocados no *cluster 2*. A Figura E. 14 expõe os autores, as frequências de ocorrências e suas respectivas centralidades.

Figura E. 14 - Janela de referências citadas para o *cluster 2* para KPIs de Manutenção na base Scopus

Freq	Centrality	Author	Year	Cluster
1	0.02	Bourne M	2014	2
1	0.00	Jharkharia S	2014	2
1	0.00	Ahmad R	2012	2
1	0.00	Jardine A	2014	2
1	0.00	Assaf SA	2019	2
1	0.00	Grigoroudis E	2014	2
1	0.00	Cohen J	2017	2
1	0.00	August FY	2012	2
3	0.01	Dekker R	1999	2
1	0.00	Abramovici M	2016	2
1	0.00	Donaldson L	2017	2
2	0.08	Crespo Marquez A	2014	2
1	0.00	Ilgin M	2014	2
1	0.00	Douglas RM	2016	2
1	0.00	Burhanuddin MA	2012	2
1	0.02	Barzilai J	2014	2
7	0.10	Al-Najjar B	2012	2
1	0.00	Drath R	2016	2
1	0.00	**NORWAYEFNMSEUROPEANFEDERATION...	2017	2
2	0.03	Attwater A	2016	2
1	0.00	Amadi-Echendu JE	2017	2
1	0.02	Bucher C	2014	2
1	0.00	BS 3811	2017	2
1	0.00	BSI BRITISH ST	2017	2
1	0.00	Fichtner J	2014	2
1	0.00	Boznos D	2012	2
1	0.00	**CEN(EUROPEANCOMMITTEEFORSTEN13...	2017	2
1	0.00	Dyer RF	2014	2
1	0.00	Basaheb SG	2012	2
1	0.00	Da Silveira G	2014	2

Fonte: elaborado a partir do software CiteSpace®

O *cluster 2* apresenta assim como os clusters 0 e 1, uma considerável dispersão da área de pesquisa, conforme mostra os valores da centralidade e frequências na Figura E. 14. Alguns autores conseguem obter variações apresentando um valor maior que 0, como é o caso de Al-Najjar B. (AL-NAJJAR, 2007), sendo que estes podem apresentar uma importância significativa dentro do objetivo do estudo.

Assim, considerando as identificações feitas pela análise de cocitações, as principais referências encontradas em dados coletados na base Scopus para KPIs de Manutenção são: Al-Najjar (2007); Alsyouf (2009); Cotzee (1998); Kaplan e Norton (2005); Kennerley e Neely (2003); Lingle e Schiemann (1996); Parida e Kumar (2006) e, Weber (2000).

APÊNDICE F – REUNIÃO DE DADOS COLETADOS PARA KPIS DE MANUTENÇÃO NAS BASE WoS E SCOPUS

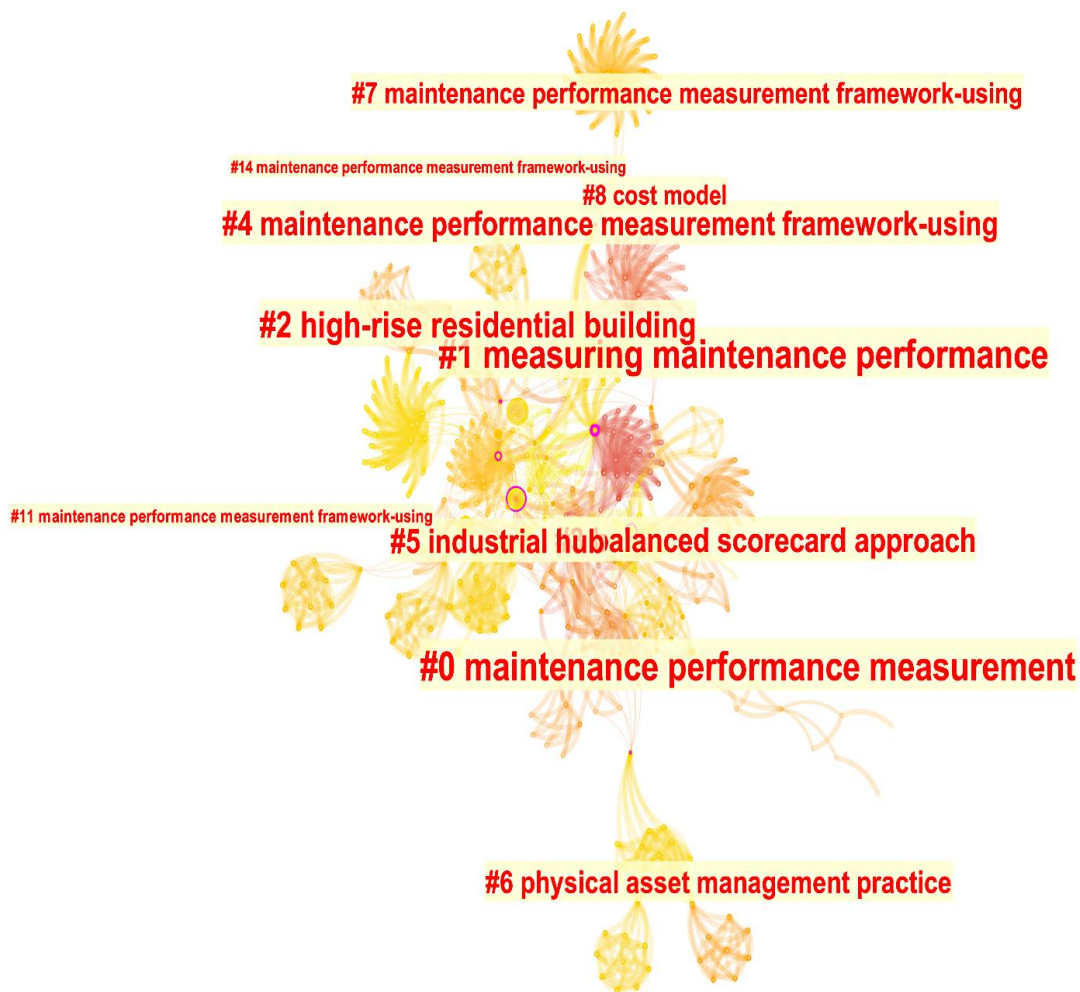
Conforme mencionado na seção 2.6, para o encontro das principais áreas e autores, buscas nas bases de dados Web of Science (WoS) e Scopus foram realizadas. As palavras-chave utilizadas foram: *Maintenance Key Performance Indicators* (Indicadores chave de desempenho de manutenção), *Maintenance KPIs* (KPIs de Manutenção), *Maintencance Performance Indicators* (Indicadores de desempenho de manutenção). Essas palavras-chave na base WoS retornaram respectivamente: 9, 3 e 21 gerando um total de 33 trabalhos com corte no tempo de 1998 a 2020, enquanto que na base Scopus, com o uso das mesmas palavras-chave, retornaram: 18, 3 e 44, representando um total de 65 trabalhos entre os anos de 1985 a 2020.

Com a coleta realizada, os dados via WoS passaram por uma validação, verificando a existência de trabalhos duplicados. Os dados coletados na base Scopus são convertidos para WoS, possibilitando a união das informações e posterior validação da unicidade, como demonstrado nos Apêndices D e E para dados convertidos separadamente nas bases de dados para KPIs de Manutenção. Com a finalização dessas etapas, tem-se que o banco de dados para KPIs de Manutenção nas bases WoS e Scopus, corresponde a um total de 85 trabalhos entre os anos de 1985 a 2020.

Para a análise dos relatórios será utilizado o critério de cocitação para autor citado. A função de ‘agrupamento de selecionar ‘*clusters*’ é usada e os valores do número de *cluster*, modularidade e silhueta significativa são respectivamente: 85, 0.8037 e 0.2885. Assim como para KPIs de Sustentabilidade, a silhueta significativa para KPIs de Manutenção na união das bases de dados resultou em um valor baixo. Isso está relacionado ao grande número de *clusters* encontrados para estes dados.

Com isso, as principais áreas que envolvem os KPIs de Manutenção, conforme mostra a Figura F. 1 são: #0 *maintenance performance measurement* (medição de desempenho de manutenção), #1 *measuring maintenance performance* (medição de desempenho de manutenção) e #2 *high-rise residential building* (edifício residencial alto).

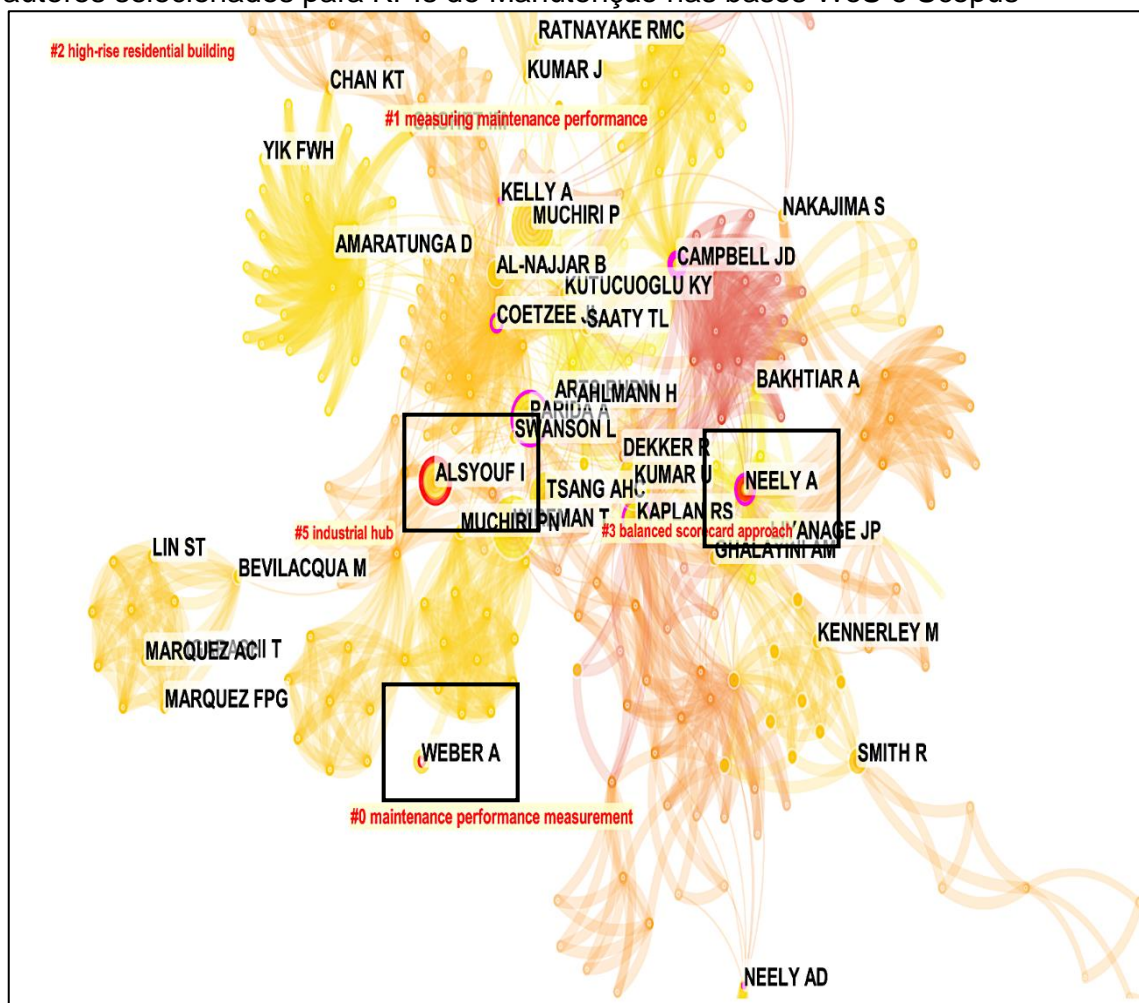
Figura F. 1 - Tela de visualização após processamento dos dados no software



Fonte: elaborado a partir do software CiteSpace®

Após a alocação dos dados no software e o encontro das principais áreas, outros recursos importantes contidos no CiteSpace® podem ser utilizados. Para visualizar as áreas com os anéis em destaque, representando referências atuais e relevantes para este conjunto de dados, são utilizados os recursos ‘tamanho do nó’ – ‘histórico do anel de árvore’ e ‘explosão de frequência de citação’. A Figura F. 2 mostra os pontos que tiveram maiores explosões de *burst* com seus respectivos autores.

Figura F. 2 - Seleção do histórico do anel de árvore e explosão de frequência com autores selecionados para KPIs de Manutenção nas bases WoS e Scopus

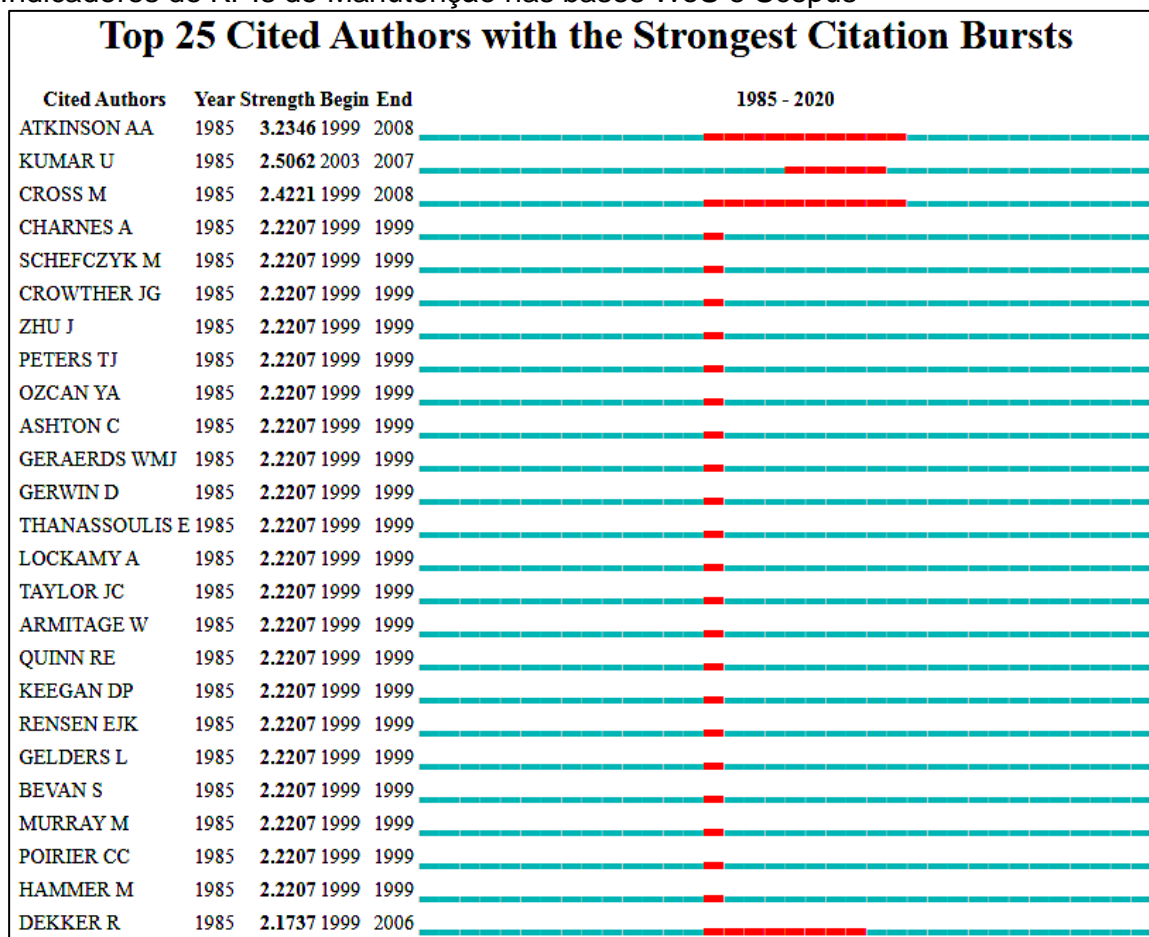


Fonte: elaborado a partir do software CiteSpace®

A Figura F. 2 apresenta anéis em evidência com seus respectivos autores. Para estes dados, o CiteSpace® identifica 3 autores que tiveram maior notoriedade nos anos mais recente do banco de dados, ou seja, mais próximo ao ano de 2020. Com isso temos que para esses dados, os autores com destaque são: Alsyouf I. (ALSYOUF, 2009), Neely A. (NEELY; GREGORY; PLATTS, 2005) e Weber A. (WEBER; THOMAS, 2005).

Com isso, podemos encontrar a lista com os principais autores, utilizando: 'histórico de citação / explosão de frequência'. A Figura F. 3 apresenta os principais autores relacionados a área de KPIs de manutenção. Com as principais áreas e os autores encontrados, os dados para execução da pesquisa serão direcionados, o que auxiliará no encontro de trabalhos e informações relevantes.

Figura F. 3 - Lista dos 25 autores que tiveram o maior número de citações na área de Indicadores de KPIs de Manutenção nas bases WoS e Scopus



Fonte: elaborado a partir do software CiteSpace®

A Figura F. 3 apresenta uma lista dos 25 principais autores contidos no banco de dados selecionado, posicionados em ordem crescente, de acordo com sua força (*Strength*). A Figura F. 3 também contém informações como: ano de início e fim da coleta dos dados (1985-2020), início (*Begin*) e fim (*End*) de explosões de citações, podendo ser visualizado também por meio da linha azul e destaques em vermelho representando essas explosões.

A lista exibida na Figura F. 3 apresenta os autores que tiveram maior destaque representado pela 'força' de citação em todo o período do banco de dados, iniciando em 1985 a 2020. Diferentemente dos autores destacados na Figura F. 2, apresentando destaques de explosões no período mais recente dos dados. Essas informações para pesquisas científicas são de grande relevância pois, indicam quais

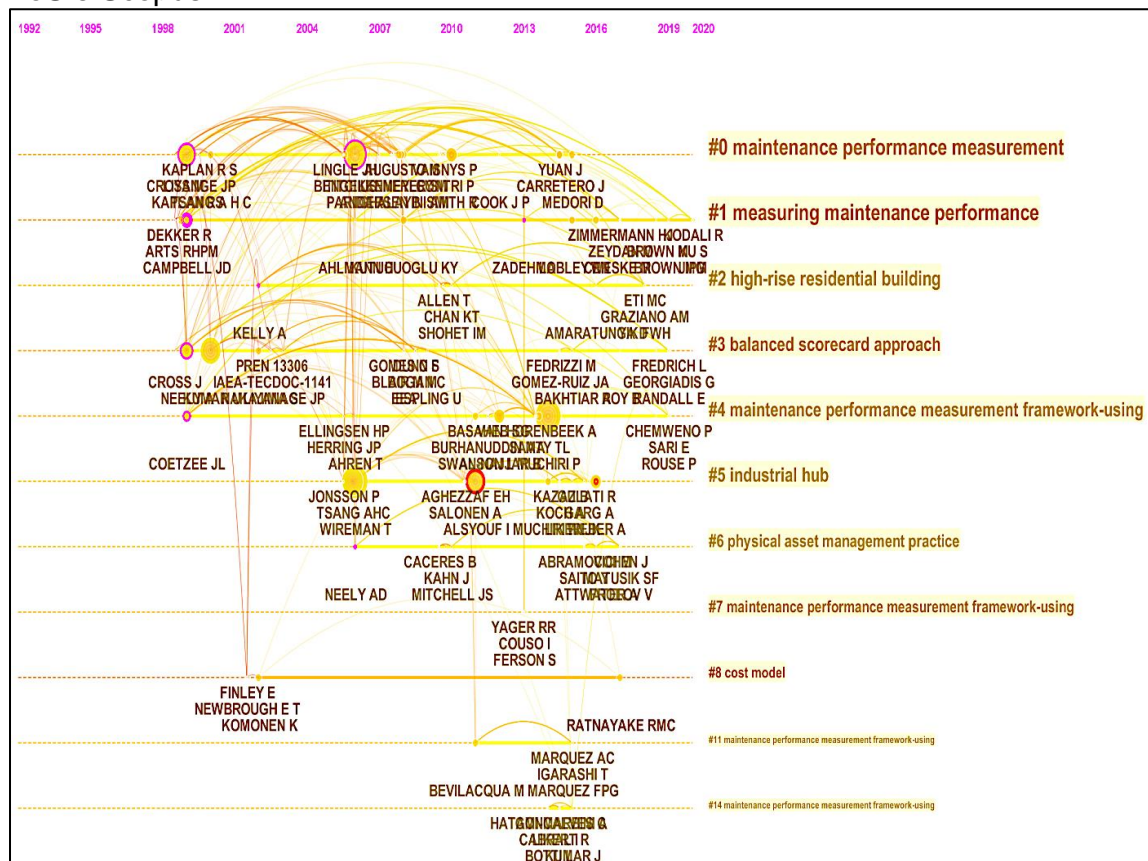
as referências e assuntos que estão sendo mais citados no período atual e, analisando o tema historicamente, quais são os autores em destaque. Contudo, essa evolução do tema associada a uma forte discussão atual, evidencia a sua atualidade e importância.

De acordo com o relatório do CiteSpace[®], mostrado na Figura F. 3 os três principais autores que possuem maiores forças de citações são: Atkinson A. A. (ATKINSON; WATERHOUSE; WELLS, 1997), Cross M (CROSS, 1988) e Kumar U (KUMAR et al., 2013). Para uma visualização completa dos dados envolvendo KPIs de Manutenção, a rede por meio do recurso da linha do tempo será analisada, como mostra a Figura F. 4.

Para esses dados Atkinson, Waterhouse e Wells (1997), exibem a maior força de citação, sendo representada por 3.2346 com explosões entre os anos de 1999 a 2008 no período de coleta entre os anos de 1985 a 2020. Em seu trabalho Atkinson, Waterhouse e Wells (1997), discutem a importância de sistemas de medição de desempenho e como eles podem ser utilizados na otimização de processos.

Com isso, partimos para a análise de outro tipo de visualização permitido pelo CiteSpace[®], conhecida como linha do tempo.

Figura F. 4 - Visualização da linha do tempo para KPIs de Manutenção nas bases WoS e Scopus



Fonte: elaborado a partir do software CiteSpace®

Este tipo de visualização, tem o papel de apresentar por meio gráfico, o histórico dos autores que compõem a base de dados. Por meio dele, as áreas mais ativas também podem ser identificadas, sendo representadas por anéis em destaque. E quanto maior esses anéis, maior será a sua importância e sua centralidade.

Com isso temos que, o anel apresentado na Figura F. 4, com maior destaque, se refere a Alsyouf I. (ALSYOUF, 2009), com explosões de citação entre os anos de 2019 a 2020. Em seu artigo Alsyouf (2009), destaca a importância do gerenciamento das atividades de manutenção e o quanto que a realização inadequada dessa atividade pode impactar na lucratividade e competitividade da organização.

Diante disso, e para complementar as análises realizadas, o software permite que todos os *clusters* sejam explorados individualmente Figura F. 5.

Figura F. 5 - Explorando os *clusters* para KPIs de Manutenção nas bases WoS e Scopus

Select	Cluster ID	Size	Silhouette	mean(Year)	Top Terms (LSI)	Top Terms (log-likelihood ratio, p-l)	Terms (mutual information)
<input type="checkbox"/>	0	53	0.924	2007	maintenance performance measu...	maintenance performance measu...	literature review (0.45); performanc...
<input type="checkbox"/>	1	53	0.93	2008	holistic approach; measuring mai...	measuring maintenance performa...	measuring maintenance performa...
<input type="checkbox"/>	2	43	0.981	2014	maintenance of high-rise residenti...	high-rise residential building (10.5...	maintenance performance indicat...
<input type="checkbox"/>	3	39	0.935	2010	urban transport fleets; balanced sc...	balanced scorecard approach (9.9...	using hybrid model (0.39); cost mo...
<input type="checkbox"/>	4	37	0.873	2013	maintenance performance measu...	maintenance performance measu...	using hybrid model (0.54); food pr...
<input type="checkbox"/>	5	36	0.953	2013	companies; industrial hub; manau...	industrial hub (14.85, 0.001); strat...	integrated planning (0.34); novel m...
<input type="checkbox"/>	6	32	0.981	2014	contingency factors influencing im...	physical asset management practi...	physical asset management practi...
<input type="checkbox"/>	7	28	1	2013	...	maintenance performance measu...	maintenance performance indicat...
<input type="checkbox"/>	8	24	0.966	2002	a cost model of industrial mainten...	cost model (6.72, 0.01); profitability...	cost model (0.07); profitability anal...
<input type="checkbox"/>	11	11	0.989	2014	...	maintenance performance measu...	maintenance performance indicat...
<input type="checkbox"/>	14	9	0.994	2014	...	maintenance performance measu...	maintenance performance indicat...

Coverage	GCS	LCS	Bibliography

Freq	Burst	Degr.	Centr.	Σ	Page	Keyw.	Author	Year	Title	Source	Vol	Page	Half	DOI	Clust

Fonte: elaborado a partir do software CiteSpace®

A primeira janela se refere aos *clusters* encontrados. Como os principais grupos para KPIs de Manutenção são representados pelos *clusters*: 0, 1 e 2, a análise será direcionada a eles. Com isso, ao selecionar o primeiro *cluster*, informações como tamanho do *cluster*, valor individual da silhueta, a média de anos (*mean year*) dos anos e os principais termos serão apresentados.

O *cluster* 0 tem um tamanho de 53. Esse valor representa o total de autores citados dentro desse *cluster*, que foram encontrados a partir de um grupo de termos. A silhueta resultante para este *cluster* é igual a 0,924, e a média de anos dos termos desse *cluster* é de 2007 (Figura F. 5).

A próxima informação apresentada no recurso 'explorar *clusters*' se refere aos termos utilizados para o encontro dos trabalhos envolvendo a área de estudo. A Figura F. 6 apresenta detalhadamente os termos que constituem o *cluster* 0, informando de forma individual o valor da silhueta para cada termo. A Figura F. 7 apresenta os quatro artigos citados que foram encontrados.

Figura F. 6 - Termos do *cluster* 0 com suas respectivas silhuetas para KPIs de Manutenção nas bases WoS e Scopus

Label (MI)
literature review (0.45); performance measurement (0.45); using hybrid model (0.44); cost model (0.44); integrated planning (0.44); profitability analysis (0.44); physical asset management practice (0.44); food processing industries (0.44); high-rise residential building (0.44); contingency factor (0.44); novel maintenance indicator (0.44); profit loss indicator (0.44); industrial maintenance (0.44); railway infrastructure performance (0.33); maintenance analysis (0.33); measuring maintenance performance (0.3); holistic approach (0.3); strategic maintenance development (0.3); railway infrastructure management (0.28); maintenance performance measurement (0.23); balanced scorecard approach (0.22); urban transport fleet (0.22); railway infrastructure (0.22); maintenance management (0.22); industrial hub (0.17); maintenance performance measurement framework-using (0.14); maintenance performance indicator selection (0.14); analytic network process (0.14); maintenance performance indicator (0.08)

Fonte: elaborado a partir do software CiteSpace®

Figura F. 7 - Artigos *cluster 0* para KPIs de Manutenção nas bases WoS e Scopus

Coverage	GCS	LCS	Bibliography
13	175	1	Parida, A (2006) Maintenance performance measurement (mpm): issues and challenges . <i>Journal of Quality in Maintenance Engineering</i> , V12, P13 DOI 10.1108/13552510610685084
11	6	1	Famurewa, SM (2015) Maintenance analysis for continuous improvement of railway infrastructure performance . <i>Structure and Infrastructure Engineering</i> , V11, P13 DOI 10.1080/15732479.2014.921929
11	1	1	Famurewa, SM (2015) Application of maintenance performance measurement for continuous improvement in railway infrastructure management . <i>International Journal of COMADEM</i> , V18, P10 DOI null
8	79	2	Parida, Aditya (2015) Performance measurement and management for maintenance: a literature review . <i>JOURNAL OF QUALITY IN MAINTENANCE ENGINEERING</i> , V21, P32 DOI 10.1108/JQME-10-2013-0067

Fonte: elaborado a partir do software CiteSpace®

Logo, temos que o primeiro artigo citado na Figura F. 7 apresenta uma cobertura de 13 para um total de 53 referências existentes no *cluster*, com um GCS de 175 citações e um LCS de 1 uma citação dentro da coleção, e assim sucessivamente.

Após a análise dos artigos citados, a janela de 'referências citadas, será explorada. Nessa janela estão contidos todos os autores referentes ao *cluster 0*. A Figura F. 8 mostra de forma detalhada quais são esses autores, sua frequência de ocorrência e centralidade.

Figura F. 8 - Janela de referências citadas do *cluster* 0 para KPIs de Manutenção nas bases WoS e Scopus

Freq	Centrality	Author	Year	Cluster
1	0.00	Blair M	2008	0
4	0.01	Söderholm P	2008	0
4	0.02	Lingle JH	2006	0
3	0.00	Åhrén T	2015	0
1	0.00	Meyer MW	2006	0
4	0.00	Tsang A H C	2000	0
1	0.00	Pun KF	2006	0
4	0.00	Vaisnys P	2010	0
1	0.00	Rausand M	2008	0
1	0.00	Cook J P	2012	0
3	0.03	Cross M	1999	0
2	0.01	**IAEAandOECDNuclearEnergyAgency	2010	0
1	0.00	Cassady CR	2008	0
2	0.00	Kaplan R S	2000	0
22	0.12	Kaplan RS	1999	0
1	0.00	Danielson B	2006	0
1	0.04	**ElectrotechnicalCommissionI	2006	0
1	0.00	Dumond EJ	2006	0
8	0.04	Smith R	2010	0
2	0.01	Eccles RG	2006	0
3	0.00	Dale BG	2015	0
3	0.00	Dettmer HW	2015	0
1	0.00	*US NUCL REG COMM	2010	0
36	0.10	Parida A	2006	0
1	0.04	Al-Sultan KS	2006	0
2	0.00	Murthy DNP	2006	0
5	0.08	Bititci US	2006	0
2	0.00	WEBER AM	2008	0
2	0.00	HAYES RH	2008	0
4	0.03	CONTRI P	2010	0
1	0.00	Gomes CF	2008	0
1	0.01	IAEA-TECDOC-1509	2010	0
3	0.00	Stenström C	2015	0
1	0.00	IAEA-TECDOC-1511	2010	0
1	0.00	Engelkemeyer S	2007	0
1	0.00	Silva C	2008	0
1	0.00	Paulin M	2006	0
4	0.00	Medori D	2015	0
2	0.00	BANKS RL	2008	0
3	0.00	Yuan J	2015	0
1	0.00	Andersen B	2007	0
3	0.02	Kennerly M	2006	0
5	0.00	Augusto M	2008	0
5	0.01	Kennerley M	2008	0
3	0.00	Carretero J	2015	0
1	0.00	Hansen R	2008	0
2	0.03	LIYANGE JP	2000	0
2	0.00	IAEA	2010	0
1	0.00	Moubray J	2008	0
1	0.00	Of Energy D	2006	0
6	0.06	Ghalayini AM	2008	0
2	0.00	Lynch RL	2006	0
1	0.00	Lyonnet P	2008	0

Fonte: elaborado a partir do software CiteSpace®

Os autores que apresentaram destaque na frequência de ocorrências foram: Kaplan R. S. (KAPLAN; NORTON, 2005) e Parida A. (PARIDA; KUMAR, 2006), cujas centralidades foram de: 0.12 e 0.10, respectivamente. Os demais valores das centralidades apresentaram valores próximo a 0, representando uma dispersão na área interessada.

Para o segundo *cluster* resultante do banco de dados, identificado como 1, tem um tamanho de 53, representando o total de autores citados. A silhueta tem um valor de 0.930 com uma média de anos (*mean year*) de 2008 (Figura F. 5). A Figura F. 9 apresenta detalhadamente os termos que constituem o *cluster* 1, informando de forma individual o valor da silhueta. Enquanto que, a Figura F. 10 apresenta o artigo encontrado em duplicata.

Figura F. 9 - Termos do *cluster 1* com suas respectivas silhuetas para KPIs de Manutenção nas bases WoS e Scopus

Label (MI)
measuring maintenance performance (0.1); holistic approach (0.1); using hybrid model (0.04); cost model (0.04); integrated planning (0.04); profitability analysis (0.04); physical asset management practice (0.04); food processing industries (0.04); literature review (0.04); high-rise residential building (0.04); performance measurement (0.04); contingency factor (0.04); novel maintenance indicator (0.04); profit loss indicator (0.04); industrial maintenance (0.04); maintenance performance indicator (0.03); maintenance performance measurement (0.02); railway infrastructure performance (0.01); strategic maintenance development (0.01); maintenance analysis (0.01); maintenance performance measurement framework-using (0.01); maintenance performance indicator selection (0.01); analytic network process (0.01); balanced scorecard approach (0); urban transport fleet (0); railway infrastructure (0); railway infrastructure management (0); maintenance management (0); industrial hub (0)

Fonte: elaborado a partir do software CiteSpace®

Figura F. 10 - Artigo do *cluster 1* para KPIs de Manutenção nas bases WoS e Scopus

Coverage	GCS	LCS	Bibliography
25	155	1	Tsang, AHC (1999) Measuring maintenance performance: a holistic approach . International Journal of Operations and Production Management, V19, P25 DOI 10.1108/01443579910271674
25	111	1	Tsang, AHC (1999) Measuring maintenance performance: a holistic approach . INTERNATIONAL JOURNAL OF OPERATIONS & PRODUCTION MANAGEMENT, V19, P25 DOI 10.1108/01443579910271674

Fonte: elaborado a partir do software CiteSpace®

Diante disso, temos que o primeiro artigo dentro do *cluster 1*, apresenta uma cobertura de 25 em um total de 53 referências existentes no *cluster*, e assim sucessivamente. O valor resultante do GCS foi de um total de 155 citações e o LCS de 1 citação dentro da coleção para o primeiro trabalho.

Conforme visto na Figura F. 10 de ‘artigos citados’, o CiteSpace® consegue identificar dois artigos. Porém, é evidenciado uma duplicidade, permitindo afirmar que para casos de mudanças na identificação do artigo, o software não consegue apontar a distinção. Logo, neste *cluster* é encontrado um único trabalho.

A janela de ‘referências citadas’, mostra de forma detalhada quais são os autores que pertencem aos trabalhos alocados no *cluster 1*. A Figura F. 11, mostra quais são esses autores, as frequências de ocorrências e suas respectivas centralidades.

Figura F. 11 - Janela de referências citadas para o *cluster* 1 para KPIs de Manutenção nas bases WoS e Scopus

Freq	Centrality	Author	Year	Cluster
1	0.00	Brown M	2019	1
4	0.00	CEN	2016	1
2	0.00	Cocca P	2017	1
2	0.00	Zhu J	1999	1
2	0.00	Lavy S	2017	1
2	0.00	Kalpande SD	2017	1
2	0.00	GERAERDS WMJ	1999	1
2	0.00	GERWIN D	1999	1
14	0.08	KUTUCUOGLU KY	2008	1
2	0.00	Rensen EJK	1999	1
4	0.02	Atkinson AA	1999	1
5	0.05	Dekker R	1999	1
7	0.01	Arts RHPM	1999	1
2	0.00	HAMMER M	1999	1
2	0.00	Villanueva JF	2017	1
2	0.00	Nudurupati SS	2017	1
11	0.26	CAMPBELL JD	1999	1
2	0.00	CHARNES A	1999	1
2	0.00	SCHIEFCZYK M	1999	1
2	0.00	CROWTHER JG	1999	1
2	0.01	Brown MG	2019	1
1	0.00	Liyanage J P	2020	1
2	0.00	Chabra S	2017	1
4	0.14	ZADEH LA	2013	1
2	0.00	KEEGAN DP	1999	1
2	0.00	Kotze RLM	2017	1
2	0.00	GELDERS L	1999	1
2	0.01	Bevan S	1999	1
2	0.00	Nestic S	2017	1
2	0.00	Sortrakul N	2017	1
2	0.00	Peters TJ	1999	1
2	0.00	Ozcan YA	1999	1
2	0.01	ASHTON C	1999	1
2	0.00	LOCKAMY A	1999	1
2	0.00	Yuan C	2017	1
2	0.00	TAYLOR JC	1999	1
1	0.00	KOGAS	2020	1
2	0.01	Armitage W	1999	1
2	0.00	SRINIVASAN K	2017	1
2	0.00	QUINN RE	1999	1
2	0.00	Rankovic V	2017	1
4	0.02	Ahlmann H	2006	1
2	0.00	POIRIER CC	1999	1
1	0.00	Kodali R	2020	1
2	0.00	Zimmermann HJ	2017	1
3	0.00	Mobley RK	2015	1
1	0.00	Ku S	2020	1
1	0.00	JIPM	2020	1
2	0.00	Zeydan M	2017	1
2	0.00	WESKE M	2017	1
2	0.00	Thanassoulis E	1999	1
2	0.00	MURRAY M	1999	1

Fonte: elaborado a partir do software CiteSpace®

De forma geral, a Figura F. 11 apresenta centralidades próximas ao valor 0, o que indica uma dispersão da força para essa área de pesquisa. Contudo, os valores maiores do que 0, indicam autores que se sobressaem dessa dispersão e que representam uma importância considerável dentro do assunto proposto. Nesse contexto, ressaltam os seguintes autores Kutucuoglu K. Y. (KUTUCUOGLU et al., 2001) e Campbell J. D. (CAMPBELL; REYES-PICKNELL; KIM, 2015), com centralidades de 0.08 e 0.26.

Para o terceiro *cluster* resultante do banco de dados, identificado como 2, tem-se um tamanho de 43, representando o total de autores citados. A silhueta tem um valor de 0.981, representando confiabilidade nos nós. E a média de anos (*mean year*) desse *cluster* é de 2014 (Figura F. 5). A Figura F. 12 apresenta os termos que constituem o *cluster* 2 e a Figura F. 13 apresenta o artigo citado encontrado.

Figura F. 12 - Termos do *cluster 2* com suas respectivas silhuetas para KPIs de Manutenção nas bases WoS e Scopus

Label (MI)
maintenance performance indicator (0.08); high-rise residential building (0.07); maintenance performance measurement (0.06); maintenance performance measurement framework-using (0.04); maintenance performance indicator selection (0.04); analytic network process (0.04); industrial hub (0.02); balanced scorecard approach (0.01); urban transport fleet (0.01); railway infrastructure (0.01); railway infrastructure management (0.01); maintenance management (0.01); measuring maintenance performance (0); holistic approach (0); railway infrastructure performance (0); strategic maintenance development (0); maintenance analysis (0); using hybrid model (0); cost model (0); integrated planning (0); profitability analysis (0); physical asset management practice (0); food processing industries (0); literature review (0); performance measurement (0); contingency factor (0); novel maintenance indicator (0); profit loss indicator (0); industrial maintenance (0)

Fonte: elaborado a partir do software CiteSpace®

Figura F. 13 - Artigo do *cluster 2* para KPIs de Manutenção nas bases WoS e Scopus

Coverage	GCS	LCS	Bibliography
27	7	1	Chua, SJL (2018) Maintenance of high-rise residential buildings . International Journal of Building Pathology and Adaptation, V36, P15 DOI 10.1108/IJBPA-09-2017-0038

Fonte: elaborado a partir do software CiteSpace®

Diante disso, temos que o artigo dentro do *cluster 2*, apresenta uma cobertura de 27 em um total de 43 referências existentes no *cluster*. O valor resultante do GCS foi de um total de 7 citações e o LCS de 1 citação dentro da coleção para o primeiro trabalho. A janela de 'referências citadas' mostra, de forma detalhada, quais são os autores que pertencem aos trabalhos alocados no *cluster 2*. A Figura F. 14 apresenta quais são esses autores, as frequências de ocorrências e suas respectivas centralidades.

Figura F. 14 - Janela de referências citadas do *cluster 2* para KPIs de Manutenção nas bases WoS e Scopus

Freq	Centrality	Author	Year	Cluster
2	0.00	Gross JG	2010	2
2	0.00	Idrus A	2018	2
2	0.00	Kangwa J	2018	2
2	0.00	Khalil N	2018	2
1	0.00	AUGENBROE GLM	2010	2
3	0.03	Amaratunga D	2016	2
2	0.00	Mahieu LM	2010	2
1	0.00	Cheng VCC	2010	2
2	0.00	Lam EWM	2018	2
2	0.00	Seeley IH	2018	2
2	0.00	YAHYA MR	2018	2
2	0.03	Batun S	2018	2
2	0.00	BUCHANAN B	2018	2
2	0.03	Ali AS	2018	2
2	0.00	Lai JHK	2018	2
2	0.03	Au-Yong CP	2018	2
2	0.03	Ali Z	2018	2
2	0.00	Narayan V	2018	2
2	0.00	Feng SS	2018	2
1	0.00	GGHC	2010	2
4	0.03	Chan KT	2010	2
7	0.12	KELLY A	2002	2
2	0.00	Chanter B	2018	2
2	0.00	Horne RMW	2018	2
2	0.00	Mann L	2018	2
2	0.00	Halim T	2018	2
1	0.00	Augenbroe G	2010	2
2	0.00	RAHMAT I	2018	2
2	0.01	Barber F	2010	2
2	0.00	Pati D	2010	2
1	0.00	HTTP://WWW.GSAGOV/GSA/CM_ATTACHMENTS/GSA_DOCUMENT...	2010	2
2	0.00	Tucker M	2018	2
1	0.00	Cheng VC	2010	2
2	0.00	Pascual R	2018	2
4	0.00	Shohet IM	2010	2
2	0.00	Groote PD	2018	2
2	0.00	Lateef OA	2018	2
2	0.00	Wood B	2018	2
2	0.00	Eti MC	2018	2
1	0.00	*US GSA	2010	2
2	0.00	GRAZIANO AM	2018	2
2	0.01	Allen T	2010	2
2	0.00	Yik FWH	2018	2

Fonte: elaborado a partir do software CiteSpace®

O *cluster 2* apresenta, assim como os *clusters 0* e *1*, uma considerável dispersão da área de pesquisa, conforme mostram os valores da centralidade e frequências na Figura F. 14. Alguns autores conseguem obter variações apresentando um valor maior que 0, como é o caso de Kelly (1997) com frequência 7 e centralidade de 0.12. Apresentando o autor mais significativo no *cluster*.

Após a utilização dos recursos disponibilizados pelo CiteSpace®, foi possível encontrar referências para KPIs de Manutenção nas bases WoS e Scopus, considerando a análise de citações, sendo as seguintes: Alsyouf (2009); Atkinson, Waterhouse e Wells (1997); Campbell, Reyes-Picknell e Kim (2015); Cross (1988); Kaplan e Norton (2005); Kumar et al. (2013); Kutucuoglu et al.(2001); Neely, Gregory e Platts (2005); Parida e Kumar (2006) e Weber e Thomas (2005).