

Análise de Variáveis de Gestão Ambiental em Parques Industriais - O Caso de Estudo da Zona Industrial de Mirandela, Portugal

Milena Clarindo Ianela

*Dissertação apresentada à Escola Superior Agrária de Bragança para obtenção
do Grau de Mestre em Tecnologia Ambiental no âmbito da dupla diplomação
com a Universidade Tecnológica Federal do Paraná*

Orientada por

Artur Jorge de Jesus Gonçalves

Manuel Joaquim Sabença Feliciano

Vanessa Medeiros Corneli

**Bragança
2019**



Análise de Variáveis de Gestão Ambiental em Parques Industriais - O Caso de Estudo da Zona Industrial de Mirandela, Portugal

Milena Clarindo Ianela

Artur Jorge de Jesus Gonçalves

Manuel Joaquim Sabença Feliciano

Vanessa Medeiros Corneli

**Bragança
2019**

Aos meus pais, Luíz Carlos Ianela e Marcia Clarindo Ianela

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pois sem Ele nada seria possível, por se mostrar presente nos menores detalhes e me dar forças quando já não existiam.

Meu agradecimento especial e sincero ao Professor Doutor Artur Gonçalves pelos conhecimentos transmitidos, apoio, paciência e orientação preciosa, que foi determinante na realização deste trabalho.

Às instituições de ensino Instituto Politécnico de Bragança e Universidade Tecnológica Federal do Paraná por possibilitar através do programa de Dupla-Diplomação, a realização deste trabalho.

Aos meus coorientadores Professor Manuel Feliciano (IPB) e Professora Vanessa Corneli (UTFPR) por aceitarem desenvolver este projeto comigo.

Agradeço à minha mãe Márcia e ao meu pai Luíz Carlos, por mesmo longe se fazerem presente, sempre me apoiando e me ajudando a trilhar os melhores caminhos e decidir as escolhas certas serem feitas.

Agradeço também ao meu namorado, Gabriel, por estar sempre presente, ter paciência e sempre me ajudar a lembrar o lado bom das coisas.

Aos meus amigos João, Mariana e Gabriela, amigos de casa e de vida, por serem minhas companhias diárias e por todos momentos de diversão.

Ao meu amigo Leonardo Furst, parceiro de projeto, por todo auxílio na elaboração técnica deste trabalho.

Ao meu amigo Edmar por se fazer companheiro e por sempre que precisei, tirou um tempo para me ajudar na realização deste.

Aos meus amigos, Diego, Gabriela, Nathalia e Nadine que transformaram o meu tempo aqui em Bragança mais feliz.

E também aos meus amigos de Campo Mourão, Leticia, Jullia e Gustavo por serem minha companhia durante toda graduação e se tornarem amigos para a vida.

Por fim, agradeço a todos que contribuíram para a realização deste. Sou grata por ter a oportunidade de defendê-lo com a ajuda das pessoas que estiveram a minha volta.

O presente trabalho foi desenvolvido no âmbito do projeto Rehabind (ref.^a 0399_REHAB_IND_2_E) que está co-financiado pelo Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional (FEDER) através do Programa Interreg V-A Espanha-Portugal (POCTEP) 2014-2020.



RESUMO

A aglomeração de indústrias tem motivado a criação de parques industriais (PIs). Na atualidade, os PIs oferecem serviços modernos, grandes infraestruturas, contribuem para regiões de alto crescimento e para o desenvolvimento econômico. Além disso, serviços fornecidos por PIs podem gerar efeitos diversificados na região envolvente e dessa forma, incentivar um avanço das comunidades locais. Contudo, o rápido desenvolvimento dos PIs também gerou problemas, como o consumo excessivo de recursos e o aumento da poluição ambiental causada por atividades industriais nesses parques. Neste contexto, a fim de estimular o desenvolvimento sustentável, os países aplicaram estratégias e políticas destinadas a facilitar a transição para Parques Industriais Ecológicos (PIE), nos quais, possuem meios sustentáveis para apoiar a gestão, a fim de mitigar os impactos ambientais e reduzir custos. Dessa forma, o objetivo do presente trabalho é analisar variáveis de gestão ambiental do parque industrial da cidade de Mirandela em Portugal. A metodologia propõe a definição e a aplicação de um conjunto de indicadores, com particular ênfase nas componentes ambientais no PI, como espaço comum e como um conjunto de organização individual, seguido de um estudo comparativo entre empresas locais. Para a aplicação dos indicadores, o estudo contou com um levantamento de princípios relacionados com PIE, definição de critérios para identificação e seleção de indicadores potenciais. A obtenção de dados deu-se por meio de vistas *in loco* e realização de auditorias ambientais. Os indicadores selecionados foram agrupados em duas categorias para melhor caracterização, sendo elas nomeadamente: indicadores espaciais e indicadores empresarias. Os indicadores espaciais possuíram tratamento comum no contexto do PI, enquanto os indicadores empresarias contaram com uma análise no contexto individual das empresas, além de auxiliar na execução de um estudo de *benchmarking*. Foram desenvolvidos quatro indicadores espaciais, sendo eles: Ruído (Lden e Ln); Percentagem de área ocupada por espaços verdes; Distância média entre paragens de transporte público urbano e Distância média entre contentores comuns. Já para os empresarias, desenvolveram-se sete grupos de indicadores denominados como: Sistema de Gestão Ambiental; Gestão da água; Fontes renováveis/Eficiência energética; Pré-tratamento de águas e efluentes; Gestão de resíduos sólidos; Monitorização ambiental e Gestão de de emissões atmosféricas. Esses grupos de indicadores foram posteriormente divididos em subindicadores para que fosse aproveitado todos os dados das auditorias. Na análise de *benchmarking*, foi possível identificar os fatores que influenciam o desempenho ambiental de diferentes empresas. Além disso, este estudo indicou as interações existentes, seja ela prestações de serviços, compra, venda, projetos em comum, infraestruturas partilhadas ou qualquer tipo de colaboração. Em geral, as empresas apresentaram um baixo nível de gestão ambiental de acordo com as melhores práticas ou com a legislação, mostrando não conformidades em determinados parâmetros. Apesar destes resultados, as organizações mostraram múltiplas interações entre eles, indicando avanços no contexto da cooperação industrial, levando a melhorias no desenvolvimento da PI.

Palavras-chave: Indicadores ambientais; Parque Industrial Ecológico; *Benchmarking*; Auditorias Ambientais; Gestão Ambiental

ABSTRACT

The concentration and agglomeration of industries has motivated the creation of industrial parks (IPs). Today, the IPs offer modern services and infrastructures that can help the industries to contribute to the growth of regions and to their economic development. In addition, services provided by IPs can generate diversified effects in the surrounding region, fostering the development of local communities. However, the fast development of the IPs may also generate problems, such as the growth in consumption of resources and the increase in environmental pollution caused by industrial activities in these parks. In this context, in order to stimulate sustainable development, countries have implemented strategies and policies to facilitate the transition towards Green Industrial Parks (GIP), which integrate means to support sustainable management, in order to mitigate the environmental impacts while reducing costs. The present study aims at analyzing environmental management variables in the industrial park of the city of Mirandela (Portugal). The methodology proposes the definition and application of a set of indicators, with particular emphasis on environmental components of both the IP, as a common space and as a set of individual organization, followed by a benchmarking study among local companies. For the application of the indicators, the study included a survey on the principles related to GIP, with the definition of criteria for identification and selection of potential indicators. Data were obtained through on-site surveys and environmental audits. The selected indicators were grouped in two categories, namely: spatial indicators and organizations indicators. The spatial indicators had a common treatment in the IP context, while the organizations' indicators focus on the individual business context, in addition to assisting in the execution of a benchmarking study. Four spatial indicators were applied: Noise (Lden and Ln); Percentage of area occupied by green spaces; Average distance between urban public transport stops and Average distance between common containers. For the companies, seven groups of indicators were developed called: Environmental Management System; Water Management; Renewable Sources/Energy Efficiency; Water and Effluent Pretreatment; Solid Waste Management; Environmental monitoring and Management of atmospheric emissions. These groups of indicators were later divided into sub-indicators in order to use all data from the audits. In the benchmarking analysis, it was possible to identify the factors that influence the environmental performance in different companies. In addition, this study indicated the existing interactions, be it the provision of services, purchase, sale, joint projects, shared infrastructure or any type of collaboration. In general, companies presented a poor level of environmental management according to best practices or to the legislation, showing non-conformities in certain parameters. Despite these results, the organizations showed multiple interactions among them, indicating advances in the context of industrial cooperation, leading to improvements in IP development.

Key-words: Environmental Indicators; Ecological Industrial Park; benchmarking; Environmental Audits; Environmental Management

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Princípios para desenvolvimento de indicadores para um sistema industrial ecológico.....	10
Figura 2 - Esquema resumo da metodologia.	20
Figura 3 - Medidor de nível de som e analisador de espectro utilizado para verificação dos ruídos no PI de Mirandela, Portugal.	27
Figura 4 – Localização dos pontos escolhidos para medição de ruído no PI de Mirandela, Portugal.....	28
Figura 5 – Localização dos pontos de paragem de TPU no PI de Mirandela, Portugal.	30
Figura 6 – Localização dos contentores comuns de resíduos do PI de Mirandela, Portugal....	31
Figura 7 - Localização do parque industrial da cidade de Mirandela, Portugal.	32
Figura 8 – Valores obtidos para Lden e Ln tanto para o interior como para a envolvente do PI de Mirandela, Portugal.	34
Figura 9 – Comparação dos valores de Laeq (dB) para a envolvente e par o interior do PI de Mirandela, Portugal.	35
Figura 10 – Quantidade de viaturas contabilizadas em tornos dos 29 pontos de medição no PI de Mirandela, Portugal.	36
Figura 11 – Valor obtido de ruído (dBA) para cada ponto de medição no PI de Mirandela, Portugal.....	37
Figura 12 – Relação da área do PI com sua percentagem de EV, distribuídos por tipologias quanto ao seu uso, Mirandela, Portugal.....	38
Figura 13 - Classificação dos espaços verdes do PI de Mirandela, Portugal.	40
Figura 14 – Distância dos pontos de paragem de TPU localizados no PI Mirandela, Portugal.	43
Figura 15 – A) Distância entre os contentores comuns localizados no PI. B) Distância do Ecocentro á outras regiões do PI de Mirandela, Portugal.....	45
Figura 16 – Percentagem de empresas que possuem ISO 14001 e outros parâmetros avaliados.	46
Figura 17 – Percentagem de empresas que reutilizam água e possuem medidas para minimizar seu consumo.	48
Figura 18 – Percentagem de empresas que possuem fontes renováveis e contem medidas para minimizar o consumo de energia.....	49
Figura 19 – Percentagem de empresas que possuem pré-tratamento de efluentes e análise da água.....	51
Figura 20 – Percentagem de empresas com recolha seletiva e recuperação de resíduos orgânicos.....	52
Figura 21 - Percentagem de empresas que possuem monitorização ambiental.....	53
Figura 22 – Percentagem de empresas que possuem algum tratamento gasoso e medidas para minimizar a quantidade de emissões de GEE.....	54
Figura 23 - Relação das interações entre as empresas dentro do PI de Mirandela, Portugal. ..	59

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Princípios para um PIE.....	21
Quadro 2 - Critérios utilizados para seleção dos indicadores.....	21
Quadro 3 - Escala de pesos para avaliação de critérios.....	22
Quadro 4 - Indicadores selecionados.....	22
Quadro 5 – Grupos de indicadores empresariais.....	26
Quadro 6 - Nível sonoro de Laeq nos três períodos, no interior e na envolvente do PI de Mirandela, Portugal.	33
Quadro 7 – Legenda utilizada para auxílio da contabilização de viaturas.	35
Quadro 8 - Parâmetros e dimensionamentos definidos pela Portaria 216-B/2008 de 3 de Março.....	41
Quadro 9 – Estudo de <i>Benchmarking</i> realizado utilizando critérios ambientais base.....	56

LISTA DE SIGLAS

BEE	Baixa Eficiência Energética
DS	Desenvolvimento Sustentável
EC	Economia Circular
EI	Ecologia Industrial
EMAS	<i>Eco-Management and Audit Scheme</i>
GEE	Gases de Efeito Estufa
ICA	Indicadores de Condição Ambiental
IDA	Indicadores de Desempenho Ambiental
IDG	Indicadores de Desempenho da Gestão
IDO	Indicadores de Desempenho Operacional
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
PI	Parque Industrial
PIE	Parque Industrial Ecológico
RGR	Regulamento Geral do Ruído
RSI	Resíduos Sólidos Industriais
SGA	Sistema de Gestão Ambiental
SI	Simbiose Industrial
TPU	Transporte público urbano

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	OBJETIVOS	2
1.2	ESTRUTURA DA TESE	2
2	A EVOLUÇÃO DA SUSTENTABILIDADE NO CONTEXTO INDUSTRIAL	4
2.1	AS ZONAS INDUSTRIAIS E A SUSTENTABILIDADE	5
2.2	CONCEITOS PARA PARQUE INDUSTRIAL ECOLÓGICO	7
2.3	O EXEMPLO DE KALUNDBORG	9
2.4	PRINCÍPIOS LEVANTADOS PARA DESENVOLVIMENTO DOS INDICADORES	9
2.4.1	Sistema de gestão Ambiental	11
2.4.2	Gestão da água	11
2.4.3	Eficiência energética/fontes renováveis	12
2.4.4	Infraestrutura e equipamentos comuns	12
2.4.5	Prevenção de poluição do ar	12
2.4.6	Prevenção de ruídos	13
2.4.7	Uso do solo	13
2.4.8	Interação/cooperação entre empresas	14
2.4.9	Gestão de resíduos	14
2.4.10	Logística	15
2.4.11	Mobilidade/transporte	16
2.4.12	Monitorização/avaliação da qualidade ambiental	16
2.5	USO DE INDICADORES	17
2.6	AUDITORIAS AMBIENTAIS	18
2.7	<i>BENCHMARKING</i>	18
3	METODOLOGIA	20
3.1	LEVANTAMENTO DE PRINCÍPIOS	20
3.2	CRITÉRIOS DE SELEÇÃO	21
3.3	SELEÇÃO DE INDICADORES	22
3.3.1	Realização de auditorias ambientais nas empresas do PI de Mirandela	23
3.3.2	Análise de <i>Benchmarking</i>	23
3.3.3	Tratamento dos dados	24

3.4	REALIZAÇÃO DE WORKSHOP PARA OS EMPRESARIOS DO PI DE MIRANDELA	24
3.5	APLICAÇÃO DOS INDICADORES NO CONTEXTO EMPRESARIAL	25
3.5.1	Grupo de indicadores.....	25
3.6	APLICAÇÃO DOS INDICADORES NO CONTEXTO COMUM DO PI	26
3.6.1	Ruido (Lden e Ln)	26
3.6.2	Percentagem de área ocupada por espaços verdes públicos	28
3.6.3	Distância média entre paragens de TPU	29
3.6.4	Distância média entre contentores comuns de resíduos	30
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	32
4.1	DESCRIÇÃO DO CONTEXTO DE ANÁLISE	32
4.2	APLICAÇÃO DOS INDICADORES NO CONTEXTO COMUM DO PI DE MIRANDELA	33
4.2.1	Ruído (Lden e Ln)	33
4.2.2	Percentagem de área ocupada por espaços verdes.....	38
4.2.3	Distância média entre paragens de TPU	41
4.2.4	Distância média entre contentores comuns	43
4.3	APLICAÇÃO DOS GRUPOS DE INDICADORES NO CONTEXTO INDIVIDUAL DAS EMPRESAS DO PI DE MIRANDELA	45
4.3.1	Sistema de Gestão Ambiental.....	45
4.3.2	Gestão da água.....	47
4.3.3	Fontes renováveis e eficiência energética	48
4.3.4	Pré-tratamento de água e efluentes	49
4.3.5	Gestão de resíduos sólidos.....	51
4.3.6	Monitorização ambiental	52
4.3.7	Gestão de emissões atmosféricas.....	53
4.4	ANÁLISE DE <i>BENCHMARKING</i>	54
4.4.1	Interação entre as empresas dentro do PI	57
4.5	SÍNTESE DE PROPOSTAS DE INTERVENÇÃO.....	59
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	62
6	REFERÊNCIAS	64
7	ANEXOS	71

1 INTRODUÇÃO

A aglomeração de indústrias vem propiciando o desenvolvimento de parques industriais (PIs), que podem ser definidos como sistemas de ativos industriais dentro de um único local (Susur et al., 2017). Segundo o relatório elaborado pela UNEP (*United Nations Environment Programme*), por Francis & Erkman (2001), estimativas indicam que pode haver mais de 20.000 PIs em todo o mundo.

Através de PIs, as empresas favorecem economias de escala em termos de desenvolvimento do uso do solo, construção e instalações comuns (Côté, et al. 1995). Devido a essas vantagens, os PIs têm desempenhado um papel importante nas estratégias nacionais de desenvolvimento de muitos países e têm sido insubstituíveis no que diz respeito ao desenvolvimento econômico. Além disso, indústrias e serviços complementares fornecidos por parques industriais podem gerar efeitos diversificados na região envolvente e dessa forma, incentivar o desenvolvimento regional (Geng & Zhao Hengxin, 2009).

De acordo com Liu, et al. (2018), os PIs foram promovidos por muitos países como uma forma de favorecer o desenvolvimento industrial. Contudo, o pilar ambiental do desenvolvimento sustentável foi omitido durante o rápido desenvolvimento desses PIs, ocasionando problemas, como o consumo excessivo de recursos e o aumento da poluição ambiental causada por atividades industriais nesses parques. A fim de solucionar tais problemas e estimular o desenvolvimento sustentável nos PIs, os países aplicaram estratégias e políticas distintas para facilitar seu avanço rumo a um Parque Industrial Ecológico (PIE), contribuindo com o desenvolvimento sustentável (Shi et al., 2010).

Parques industriais ecológicos fornecem mecanismos integrados de apoio à gestão, a fim de mitigar os impactos ambientais e reduzir custos (Ahvenniemi et al., 2017). Os PIEs facilitam a utilização eficiente de resíduos, a partilha de recursos e o crescimento econômico (Xu et al., 2017). As funções das indústrias num PIE complementam-se, melhorando os produtos, economizando recursos e energia, e diminuindo os impactos ambientais (Yu et al., 2014). O desenvolvimento de PIEs surgiu como uma aplicação em nível inter-empresarial de ecologia industrial, que também foi chamada de simbiose industrial (SI) (Chertow, 2012). A filosofia inicial por detrás da simbiose industrial era a interação mutualística de diferentes indústrias num sistema de troca de materiais como água, energia, subprodutos, infraestrutura e habitat natural, resultando em benefícios econômicos, sociais e ambientais (Lowe et al.; Côté & Hall, 1995).

Tal reflexão indica que o desenvolvimento de indicadores práticos para a avaliação quantitativa e ambiental tem sido um fator crucial para o sucesso contínuo de PIEs (Shi et al., 2010). A avaliação ambiental é uma ferramenta indispensável para os PIEs, tendo como referencial a análise do desempenho pela emissão de poluentes ambientais e pela intensidade do consumo de materiais e energia, mais além do que é habitualmente praticado em parques industriais comuns (Tian et al., 2014)

Dessa forma, a presente dissertação propôs-se desenvolver um trabalho de análise de um parque industrial do ponto de vista da gestão ambiental. Esta pesquisa teve como objeto de estudo o Parque Industrial da cidade de Mirandela localizada no distrito de Bragança. A pesquisa foi realizada no período de setembro de 2018 a julho de 2019. Nesta avaliação foram utilizados indicadores de sustentabilidade selecionados conforme a aplicabilidade ao contexto de análise e a disponibilidade de dados a partir de auditorias ambientais.

1.1 OBJETIVOS

O objetivo geral desta pesquisa foi analisar variáveis de gestão ambiental do PI da cidade de Mirandela em Portugal. Assim, definiram-se os seguintes objetivos específicos:

- Efetuar um levantamento dos principais princípios ambientais no contexto de parques industriais;
- Desenvolver um conjunto de indicadores com particular ênfase nas componentes ambientais;
- Aplicar os indicadores e avaliar os resultados;
- Colaborar com auditorias ambientais nas empresas do PI;
- Realizar um estudo de *Benchmarking* para as empresas do PI.

1.2 ESTRUTURA DA TESE

O presente trabalho foi estruturado em cinco capítulos. No primeiro capítulo encontra-se o enquadramento da tese, apresentando a contextualização do tema abordado, a relevância do estudo e os objetivos gerais e específicos estabelecidos ao longo da pesquisa.

O Capítulo 2, aborda a revisão de literatura sobre o tema abordado, são apresentados os conceitos de PI com ênfase na relevância da escala de Parque Industrial Ecológico e é apresentado uma listagem de princípios utilizados para auxílio na escolha de indicadores no âmbito do PI, sendo caracterizados individualmente. São apresentados também conceitos

relacionados com auditorias ambientais e estudo de *benchmarking*.

No Capítulo três, é apresentada a metodologia utilizada como base para realização deste trabalho, exibindo os procedimentos realizados para seleção dos indicadores e a realização de auditorias ambientais para coleta e tratamento dos dados.

No Capítulo quatro, é apresentado o contexto de análise e são exibidos os resultados obtidos para cada indicador, no contexto espacial e empresarial para o parque industrial, além dos resultados alcançados através do estudo de *benchmarking*.

Finalizando a tese, no Capítulo 6, são explanadas as considerações finais, abordando os principais aspectos do trabalho e dos resultados obtidos.

2 A EVOLUÇÃO DA SUSTENTABILIDADE NO CONTEXTO INDUSTRIAL

A revolução industrial na Inglaterra no século XVIII foi uma das principais causas das transformações econômicas e sociais, devido ao progresso dos processos produtivos, no qual uma nova visão era estabelecida, onde cada vez mais o trabalho humano era substituído por máquinas. No século XIX, com o surgimento de novas técnicas industriais e com a utilização de um volume maior de matérias-primas, o principal objetivo de alguns países era o crescimento comercial e econômico. A partir desse momento a revolução se internacionalizou e o processo de industrialização ganhou novos rumos, em que a preocupação com o ambiente, quando existente, era deixada a segundo plano, sempre tendo em vista sua utilização pelo homem (Granziera, 2009)

Parques Industriais trazem dinâmicas para as cidades vizinhas, criando empregos, investindo em infraestruturas, como por exemplo, transporte, energia e telecomunicações, porém algumas dessas vantagens podem ser degradadas pela poluição e pelas emissões globais de gases de efeito estufa. Ao longo do tempo, as consequências ambientais, econômicas e sociais do contínuo esgotamento dos recursos naturais revelaram a necessidade de os seres humanos, empresas e governos mudarem a maneira como administram sua relação com o ambiente. No entanto, uma grande variedade de empresas ainda está imersa numa economia linear tradicional e insustentável, que consiste em “extrair, fazer, usar e desperdiçar” (Ormazabal et al., 2018).

De acordo com a Comissão Mundial Sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (1991), o desenvolvimento sustentável significa alcançar um desenvolvimento duradouro que atenda às necessidades humanas e melhore a qualidade de vida. Ao mesmo tempo, os recursos naturais devem ser utilizados em uma frequência que possam ser sustentados pela capacidade regenerativa do ecossistema.

A palavra sustentável vem do latim *sustentare* que significa sustentar, suportar, manter. Nos dicionários de português, sustentar significa sustentar, conservar, manter, perpetuar, assim o termo sustentável é algo que se pode sustentar, mantendo-se constante ou estável por um longo período. Embora o termo sustentabilidade tenha sido utilizado pela primeira vez na década de 80, a preocupação com esta temática é anterior. Ao longo das últimas décadas, ocorreram vários acontecimentos que marcaram a evolução do conceito de Desenvolvimento Sustentável (DS) e que foram aumentando a consciencialização da humanidade para esta problemática, como o conceito de economia circular (Lopes, 2013).

A economia circular (EC) traz novas visões às industriais para a melhoria da eficiência, consumindo menos materiais e recursos naturais, e reutilizando produtos e materiais (Afshari et al., 2018).

A conceção de EC descreve um sistema econômico baseado em modelos de negócios que substituem o conceito de “fim de vida útil” por redução, reutilização e reciclagem de materiais nos processos de produção, distribuição e consumo, com o objetivo de alcançar o desenvolvimento sustentável, com benefícios para a qualidade ambiental e prosperidade econômica das gerações atuais e futuras (Kirchherr et al., 2018).

2.1 AS ZONAS INDUSTRIAIS E A SUSTENTABILIDADE

Os parques industriais concentram, num espaço limitado, atividades humanas que potencialmente apresentam impactes ambientais significativos. Neste sentido de preocupação com o ambiente e de promover um melhor desenvolvimento industrial, aparece o termo de Ecologia Industrial (EI). A EI é uma área de estudo dos processos industriais onde as etapas de produção de bens e serviços são realizados considerando as noções de ciclo, encontrados na natureza, no qual a indústria tenta imitar o sistema natural, conservando e reutilizando os recursos (Clini et al, 2008).

O conceito da EI apresenta discussões que trazem tentativas de enfrentar os problemas relacionados ao consumo de recursos, produção de resíduos e emissões, por meio de uma abordagem integrada. O desafio para o desenvolvimento sustentável desempenhou um papel significativo, em que, a necessidade de gerenciar o progresso do consumo de recursos finitos e da descarga de resíduos é crucial para a sustentabilidade. No sistema natural, todos os componentes são integrados e dessa forma os resíduos produzidos são novamente integrados no sistema. Neste contexto, é necessário uma análise minuciosa dos fluxos de materiais, que inclui os processos de produção e consumo controlados pelo homem e que está posicionado contra o ecossistema (Lambert & Boons, 2002).

Para Boix et al., (2015) O termo de "Ecologia Industrial" foi popularizado usando a analogia entre ecossistemas naturais e sistemas industriais. Por comparação com os ecossistemas naturais, as empresas incluídas num PIE podem ser vistas como diferentes níveis tróficos hierárquicos numa cadeia alimentar com ligações metabólicas entre eles.

A construção de uma indústria sustentável está ligada ao termo Simbiose Industrial, em que essa abrange indústrias separadas em uma abordagem coletiva envolvendo troca física de

materiais, energia, água e subprodutos. Uma de suas características é a colaboração oferecida pela proximidade geográfica de várias empresas. As ocorrências mais difundidas das simbioses industriais são os PI, em que seu principal objetivo são as trocas de energia que buscam minimizar o uso de matérias-primas, reduzir o desperdício, além de construir relações econômicas, ecológicas e sociais sustentáveis. Por fim, uma condição básica para um PIE ser economicamente viável é demonstrar que a soma dos benefícios alcançados pelo trabalho coletivo é maior do que trabalhar como uma instalação autônoma (Boix et al., 2015).

Chertow (2012) define a SI como “comprometer indústrias tradicionalmente separadas numa abordagem coletiva com vantagens competitivas.” A autora também afirma que as relações simbióticas são mais complexas do que as trocas de dois lados que ocorrem entre as empresas e como regra geral, propõe definir como simbioses industriais apenas aquelas relações que envolvam pelo menos três atores diferentes compartilhando dois ou mais recursos diferentes.

O estudo realizado por Winn & Angell (2000) através de uma pesquisa do tipo survey¹ com 135 empresas alemãs do setor de embalagens, no qual as autoras classificam o que foi definido como "greening corporativo" em quatro tipos: reativo deliberado, não realizado, ativo emergente, e pró-ativo deliberado. O interessante desta tipologia é que ela diferencia as estratégias entre deliberadas e emergentes, e também entre estratégias deliberadas realizadas e não realizadas. No greening pró-ativo deliberado é verificado tanto o compromisso da administração quanto a implementação de ações ambientais na organização. Segundo o mesmo estudo, nas empresas mais desenvolvidas em termos de greening, o ambiente é considerado em todas as decisões funcionais, sobre fluxos de materiais, consumos e desenvolvimento de produtos. Estas empresas dispõem de uma capacidade geral para prevenção, que inclui planejamento, monitoração e antecipação, com sistemas para avaliar e responder às questões ambientais internas e externas.

¹Survey é um tipo de pesquisa quantitativa que pode ser definida como uma forma de coletar dados e informações a partir de características e opiniões de grupos de indivíduos. O resultado encontrado, desde que o grupo seja representativo da população, pode ser extrapolado para todo o universo em estudo.

2.2 CONCEITOS PARA PARQUE INDUSTRIAL ECOLÓGICO

A definição de Parque Industrial Ecológico segundo Pai et al. (2018), é uma comunidade composta de empresas, que combina os moradores da comunidade local e a partilha eficiente de subprodutos para alcançar a melhoria da qualidade econômica e ambiental, além de estimular a troca de recursos materiais e energéticos através do sistema de planejamento, a fim de minimizar os altos consumos, reduzir os desperdícios e estabelecer a relação sustentável dos aspectos econômicos, ambientais e sociais.

De acordo com GIZ, (2017), para um parque ser sustentável é necessário que as áreas industriais sejam corretamente planejadas, com custos de infraestrutura eficientes para apoiar as indústrias alojadas nos parques, bem como deverá encontrar-se formas coletivas de lidar com os impactos ambientais e com questões como as alterações climáticas e a eficiência na gestão dos recursos (energia, materiais e água). Os parques já existentes também podem ser aprimorados para que as indústrias atuais consigam obter melhores desempenhos e novos investimentos possam ser atraídos sem impactar o ambiente.

Os PIEs são compostos por empreendimentos que valorizam seus interesses privados, mas também leva em consideração o interesse público, portanto seu resultado é almejado para a sociedade em geral. Para Pai et al. (2018), no nível da aplicação, a definição de PIEs pode ser dividida em três níveis: micro-nível, uma indústria dentro da ecologia industrial; meso-nível, que contempla o sistema industrial no âmbito da cooperação mútua e o macro-nível, que se enquadra na rede eco-industrial ou em áreas ecológicas urbanas e rurais. Seja do ponto de vista de fabricantes individuais ou na perspectiva do desenvolvimento urbano e rural, os PIEs ressaltam a necessidade de se estabelecer um ecossistema com recursos naturais e econômicos coexistente.

Para Lutz et al., (2013), os PIEs, são uma ferramenta de Ecologia Industrial, pois devem funcionar como ecossistemas industriais em que as indústrias, utilizando a gestão ambiental cooperativa, interagem de modo similar aos ecossistemas naturais para alcançar o desenvolvimento sustentável. Lutz et al., (2013) ainda afirma que um PIE demonstra claros padrões de desenvolvimento, definição de propriedade, responsabilidade pela gestão, manutenção e controle. No entanto, o objetivo dos PIEs é que as empresas colaborem em torno de interesses ambientais. Chertow (2012) define que os PIEs podem incluir muitas metas ambientais desejáveis e são baseados em fluxo de materiais orientados pela simbiose industrial do parque em questão, no qual transforma os fluxos lineares em fluxos circulares para obter

vantagens e compartilhando de resíduos e subprodutos, a fim de fomentar abordagens cooperativas para a eficiência de recursos e gestão ambiental. Podem citar-se algumas características de um PIE:

- O PIE é uma comunidade de empresas/ indústrias que buscam melhorar seu desempenho econômico, social e ambiental, cooperando e desenvolvendo parcerias umas com as outras e com a comunidade (Lutz et al., 2013).
- As indústrias aperfeiçoam a produção, aumentam o lucro (redução dos gastos com aquisição de matéria-prima substituída por resíduos, gastos com transporte, com a disposição de resíduos, com serviços comuns) e reduzem os impactos ambientais (poluição/resíduos) e na saúde da comunidade ao trabalharem de forma integrada (Lutz et al., 2013).
- O PIE integra os princípios da EI, da gestão ambiental cooperativa, da prevenção da poluição, do planejamento, da arquitetura e das construções sustentáveis. As indústrias, ao formarem parcerias, aumentam sua vantagem competitiva (Lutz et al., 2013).

Um fator de extrema relevância é o grau de cooperação e parceria entre o setor público (agências governamentais), o setor privado (empresas, indústrias e tomadores de decisão) e os membros da comunidade. Se esses elementos não se consolidarem, o desenvolvimento do PIE pode estar comprometido.

De acordo com Valenzuela-Venegas et al. (2018), um PIE está ligado com associações que são motivadas por vantagens econômicas, ambientais e sociais alcançadas através da colaboração entre as empresas dentro do parque. Essas relações incentivam a implementação da SI como foi mencionado anteriormente, visando transformar *outputs* de uma empresa em *inputs* de outra, aproveitando suas próprias conexões. As melhorias de um PIE estão relacionadas com lucro e resiliência, redução do impacto ambiental e preocupação com a comunidade local próxima do parque. A magnitude desses benefícios está associada à configuração de um PIE, na relação entre as empresas e sua localização.

Para Caroli et al. (2015), um PIE oferece benefícios para a comunidade em geral. Estes podem melhorar a qualidade de vida na área através da redução da poluição, resíduos industriais e substâncias nocivas. Além disso, aumentam o emprego, o investimento de capital e a visibilidade da área, incentivando empresas nacionais e internacionais a mudarem-se para o parque beneficiando dos efeitos de conhecimento. Para a comunidade em geral, um PIE pode ser considerado como um modelo de funcionamento em que é possível aplicar os princípios do desenvolvimento sustentável.

2.3 O EXEMPLO DE KALUNDBORG

Kalundborg é uma pequena cidade na costa oeste da Zelândia, Dinamarca, a 120 km de Copenhague, possui uma população de cerca de 50 mil habitantes e é famosa em todo o mundo devido à presença de um dos mais importantes parques industriais simbióticos, definido por Chertow, (2012) como uma área caracterizada pela troca contínua de energia, resíduos e água entre os *clusters* de empresas e o município. Em 2015, o modelo de Kalundborg industrial *Symbiosis* era composto principalmente de cinco empresas além do Município de Kalundborg: Ørsted (companhia petrolífera), labuta Sta - (refinaria), Gyproc (fábrica de gesso), Kara-Novoren (empresa de gestão de resíduos), e Novo Nordisk (empresa farmacêutica e biotecnologia). Muitas outras pequenas empresas fora da área industrial de Kalundborg que têm relações simbióticas com as principais instalações (Caroli et al., 2015).

Os principais resultados alcançados pelo Parque Kalundborg nos últimos anos podem catalogar-se essencialmente em três principais macros áreas: economia ambiental, redução de emissões poluidoras, e reutilização de resíduos industriais (Jacobsen, 2006). Além disso, as empresas reduziram o consumo geral em 25%, através da reciclagem de água, por transferência entre os parceiros individuais. Os principais resultados deste parque nos últimos anos demonstraram uma redução do consumo de petróleo de 20.000 toneladas por ano, o que corresponde a uma redução de 380 toneladas de emissões de dióxido de enxofre numa base anual (Caroli et al., 2015).

2.4 PRINCÍPIOS LEVANTADOS PARA DESENVOLVIMENTO DOS INDICADORES

No presente trabalho foi realizado um estudo identificando princípios chave para o desenvolvimento de indicadores no âmbito de um PIE, englobando conceitos relacionado com a cooperação industrial, simbiose industrial e economia circular.

O estudo concentra-se em identificar os conceitos das dimensões ambientais para os PIEs e as ações necessárias para promover a transição para um sistema industrial ecológico viável e de longo prazo. O conjunto de princípios definidos se demonstra abaixo (Figura 1).

Sistema de Gestão Ambiental	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema de Gestão Ambiental (SGA) certificado de apoio a Gestão Ambiental na escala do parque, como ISO 14.001 ou EMAS; SGA individuais.
Gestão da água	<ul style="list-style-type: none"> • Tratamento de efluentes no local (comum e individual), aproveitamento de fontes alternativas de água, como água cinzenta, chuva, rega (cisterna).
Eficiência energética/fontes renováveis	<ul style="list-style-type: none"> • Produção local de energia renovável ou não, sistema de trigeração (CHP) ou smart grid, iluminação de baixo consumo, transferência de energia residual.
Infraestrutura e equipamentos comuns	<ul style="list-style-type: none"> • Presença de equipamentos, construções compartilhados na escala do parque industrial, saneamento (ETA), unidade de reciclagem, sistema de refrigeração, unidades de cogeração de energia.
Prevenção de poluição do ar	<ul style="list-style-type: none"> • Redução das emissões de poluentes através de processos de produção limpas, implementação de tecnologias de fim de ciclo, tratamento comum.
Prevenção de ruídos	<ul style="list-style-type: none"> • Processos de produção com baixa emissão de ruído, mapas acústicos e barreiras acusticas ou implementação de tecnologias de fim de linha.
Uso do solo	<ul style="list-style-type: none"> • Revitalização de terras abandonadas, planos de uso da terra para até 10 km em torno dos parques industriais, presença de espaços verdes equipados comuns e individuais.
Interação/cooperação entre empresas	<ul style="list-style-type: none"> • Sinergias, troca de materiais (produtos químicos, resíduos, etc) entre empresas, colaborações entre empresas (prestação de serviços, venda e fornecimento de materiais).
Gestão de resíduos	<ul style="list-style-type: none"> • Recolha no local, transporte, processamento no local ou externo, reciclagem e diminuição da geração de resíduos; programas de conscientização, presença de contentores.
Logística	<ul style="list-style-type: none"> • Presença de infraestrutura de logística comum, como por exemplo, armazéns partilhados, veículos (empilhadeiras).
Mobilidade/transporte	<ul style="list-style-type: none"> • Presença de colaboradores que se deslocam a pé, de bicicleta ou transportes públicos, existência de transporte viável e eficiente de baixo impacto ambiental, por exemplo, veículos elétricos, híbridos plug-in.
Monitoramento/Avaliação da qualidade ambiental	<ul style="list-style-type: none"> • Existência de aparelhos que monitorem a qualidade ambiental, como ex: estações meteorológicas, comunicação a população

Figura 1 - Princípios para desenvolvimento de indicadores para um sistema industrial ecológico.
Fonte: Adaptado de Massard, Jacquat, & Zürcher, (2014).

Para melhor entendimento dos princípios utilizados no desenvolvimento dos indicadores, cada área dos princípios foi descrita abaixo quanto a sua utilização e aplicação no contexto de PIE.

2.4.1 Sistema de gestão Ambiental

Para se obter maior credibilidade, na maioria dos países e para muitas indústrias, as empresas devem cumprir as leis e regulamentos sobre emissões de gases atmosféricos, descarga de efluentes, gestão de resíduos, entre muitas outras questões ambientais, além de possuir as licenças necessárias designadas pelos órgãos competentes. Adicionalmente, as empresas devem aderir voluntariamente a padrões, como a ISO14001 ou o EMAS (Esquema de Auditoria de Gestão Ecológica) como forma de cumprirem elevados padrões de qualidade nos processos de gestão. Neste contexto, uma solução eficiente e inovadora passa pela partilha de um Sistema de Gestão Ambiental para o parque industrial (Botta & Comoglio, 2013). Este modelo de gestão auxilia as empresas a construir um sistema abrangente de gestão ambiental em que se indica explicitamente metas e procedimentos a serem seguidos, bem como quem é responsável pelo seu cumprimento (Bellantuono et al., 2017).

2.4.2 Gestão da água

O consumo de água deve estar em harmonia com os recursos hídricos para ser sustentável. Essa harmonia pode ser alcançada através de melhorias nos sistemas de abastecimento de água e mudanças no padrão de consumo de água (ISO, 2014). Neste contexto, podem ser consideradas ações: o tratamento de efluentes no local, preferencialmente em comum; e o aproveitamento de fontes alternativas de água, como por exemplo, através da reutilização das águas cinzentas e água da chuva, que podem ser reservadas por meio de sistema de cisterna e utilizada para vários fatores, como resfriamento de telhados e máquinas, climatização interna, lavanderia industrial, rega de jardim, lavagem de área impermeabilizada, etc. (Weierbacher, 2008). A produção industrial gera efluentes contendo altas quantidades de sólidos dissolvidos e suspensos, bem como compostos tóxicos e/ou recalcitrantes (Bhardwaj et al., 2012). Portanto, é importante avaliar tratamentos alternativos para esse tipo de efluente.

Um sistema confiável de tratamento de águas residuais é um importante indicador do nível de desenvolvimento do parque industrial. Alnouri et al. (2014) propuseram o conceito de

otimização do sistema de água do PI através da fusão do gasoduto e do envio da interconexão além de desenvolver um modelo de aprimoramento em função do espaço.

2.4.3 Eficiência energética/fontes renováveis

Para GIZ (2017), num PIE todos os edifícios devem ser energeticamente eficientes. Para este autor, “Pelo menos 25% da carga de iluminação externa instalada devem ser alimentadas por energia solar e 100% das luminárias internas e externas devem ser classificadas como de baixa eficiência energética (BEE)”. Todos os espaços comuns, incluindo as luzes da rua, devem usar tecnologia LED. As empresas devem possuir fontes locais renováveis. No caso das que utilizam algum tipo de queima para o processo industrial é recomendado dar preferência ao uso de biomassas que não emitam altas quantidades de CO₂. A implantação de painéis fotovoltaicos pode inclusive ser mais eficiente para sistemas partilhados e autónomos.

2.4.4 Infraestrutura e equipamentos comuns

De acordo com GIZ (2017) um PIE deve conter: infraestrutura adequada, abrangendo esgotos, sistemas de drenagem de águas pluviais ajustados ao contexto; sistemas de drenagem de águas residuais; para os resíduos sólidos, deve conter mecanismos de recolha, transporte e armazenamento. Já para os espaços verdes, o PIE deve possuir um espaço verde central (“pulmões” para o parque), cinturões verdes e jardins verticais e horizontais por toda extensão do parque. Em relação aos equipamentos, existem diversas opções de carácter social como no contexto de educação e formação (incubadoras ou centros de formação), saúde e saneamento (casas de banho públicas, distribuidoras de água), lazer (campos desportivos, auditórios, áreas verdes).

2.4.5 Prevenção de poluição do ar

No que respeita ao controle de emissões para a atmosfera e da poluição do ar, algumas medidas são recomendáveis para a redução de emissões como: a mobilidade em veículos com bateria elétrica; autocarros a gás natural comprimido (GNC) para transporte interno e externo; inclusão de pontos de aluguer de bicicletas; uso de combustíveis limpos; unidades de vapor comum e energia comuns (GIZ, 2017). Todas as empresas potencialmente poluidoras do ar e que possuem algum foco de emissão atmosférica deve realizar medições periódicas conforme

a legislação vigente. Segundo (Carmo & Prado, 1999), é recomendado o desenvolvimento de um perfil na qualidade do ar interior para as empresas, perfil que consiste numa descrição das características da estrutura do edifício, de sua função e das condições de sua ocupação, que influenciam a qualidade do ar interno. Com o seu seguimento, são alcançadas informações gerais sobre questões que podem acarretar problemas futuramente. Além disso, proporciona uma clareza do estado atual das condições do ar interno

2.4.6 Prevenção de ruídos

A prevenção de ruído em PIE é muito importante, pois a incomodidade sonora provocada pelo ruído de suas atividades é preocupante não só por provocar reações antagônicas nas pessoas expostas a ele, mas também por limitar as operações realizadas em um PI. Dessa forma os processos de produção devem ser pouco ruidosos e possuir unidades produtivas que utilizam tecnologias já existentes para controlo do ruído. Instalar e utilizar equipamentos de atenuação do ruído incluindo a implantação de barreiras acústicas, de diversas tipologias, sendo as mais comuns são as barreiras tipo painel-poste e tipo autossustentáveis (não dependem de postes ou pilares para assegurar sua estabilidade estrutural). A elaboração de mapas acústicos com o estudo das fontes sonoras é essencial. Empresas que forem potenciais geradoras de ruído exterior devem obrigatoriamente realizar medições periódicas para verificar se a sua atividade se enquadra dentro dos parâmetros de pressão sonora previstos pelo O Decreto-Lei n.º 9/2007, de 17 de janeiro (Massard et al., 2014).

2.4.7 Uso do solo

Num PIE é essencial a preservação e disposições adicionais para manter e promover a biodiversidade. É necessário um estudo prévio, mapeamento do habitat e implementação de medidas como conservação da vegetação existente, corpos d'água e outros recursos naturais no local. Devem existir áreas cuidadosamente planeadas para jardins, desporto e lazer (Veiga, 2007). Igualmente relevante, como já foi avançado, é a existência de espaços verdes centrais, vegetação ripícola na envolvente de linhas de água, para além árvores e outra vegetação ao longo de todo PIE (GIZ, 2017). A exposição a espaços verdes tem sido associada a uma melhor saúde, incluindo menor mortalidade (Gascon et al., 2016; Donovan et al., 2013) e melhor saúde mental (Reklaitiene et al., 2014), principalmente quando se trata de zonas industriais onde a

exposição de poluentes no ar pode ser mais tóxica e representar ameaça aos ecossistemas (Austruy et al., 2019).

2.4.8 Interação/cooperação entre empresas

De acordo com Bellantuono et al. (2017), a cooperação faz-se por ligações entre as empresas que fazem parte do PIE, bem como colaborações com universidades e centros de investigação ou órgãos governamentais. As colaborações entre empresas que pertencem ao PI podem reforçar a existência de trocas de subprodutos, de acordo com Gibbs & Deutz (2007), as relações de confiança e cooperação entre os indivíduos do PIE são cruciais nas fases iniciais porque reduzem “a distância mental entre as empresas” e promovem a mudança cultural necessária para uma maior sinergia comum.

Para Bellantuono et al. (2017) a cooperação também pode ocorrer na forma de interações que ultrapassam os limites dos PIEs. Por exemplo, uma empresa dentro do PIE geralmente colabora com várias entidades de negócios, como fornecedores ou clientes que não pertencem ao PIE. Além disso, muitas vezes, a troca de informações com centros de investigação, fornece conhecimento sobre o possível uso de água, energia, resíduos e subprodutos. Outros tipos de relações ocorrem entre empresas pertencentes ao PIE e agências governamentais, como com comunidades locais, ambientalistas, representantes dos trabalhadores, assim como outras partes interessadas no desenvolvimento do parque.

2.4.9 Gestão de resíduos

Em um PIE, a gestão dos resíduos deve ser de competência das indústrias como um todo, onde as possíveis sinergias de resíduos entre as indústrias (permuta e circulação de resíduos) devem ser consideradas (Schlarb, 2001). A gestão de resíduos sólidos industriais (RSI) é muito importante para bom funcionamento de um PIE, devendo seguir a hierarquia que vai desde a redução na fonte até disposição final. A redução na fonte consiste na prevenção da geração de RSI, através do uso de matérias primas menos tóxicas ou mudanças de processo, a minimização da geração de resíduos através de modificações no processo produtivo, ou pela adoção de tecnologias limpas, mais modernas que permitem eliminar completamente a geração de materiais tóxicos. Em seguida, a preparação para a reutilização e a reciclagem acarretam no reprocessamento dos resíduos gerados transformando-os novamente em matérias primas ou utilizando os mesmos para gerar energia e a reutilização dos resíduos gerados por uma indústria

como matéria-prima para outra indústria (Tocchetto, 2005). No final da hierarquia após a reciclagem, os resíduos recebem outros tipos de valorização e por fim sua eliminação.

Deve ser realizada a separação entre substâncias perigosas e não perigosas, a fim de reduzir o volume total de resíduos que deva ser tratado, o processamento físico, químico ou biológico dos resíduos, de forma a torná-los em menos perigosos ou até em inertes, possibilitando sua utilização como material reciclável. Quando realizar incineração de resíduos, deve ser efetuada com o correspondente tratamento dos gases gerados e a disposição adequada das cinzas resultantes. A disposição dos resíduos deve ser feita em locais apropriados, projetados e monitorados de forma a não contaminar o ambiente. É indispensável a presença de contentores tanto indiferenciados como de deposição seletiva (ecopontos) distribuídos por todo PIE que comportem a quantidade de RSI geradas no parque (Tocchetto, 2005).

A recolha seletiva é essencial, pois sem ela, o valor económico do resíduo sólido não pode ser recuperado. Segundo Islam & Jashimuddin (2017), os países desenvolvidos estão caminhando para uma sociedade sustentável, com estratégia de desperdício zero, economia circular e uso de resíduos para geração de energia. A implantação de um sistema de recolha seletiva eficaz, é um desafio vivenciado por muitos países em desenvolvimento, como é o caso da cidade de Vellore, na Índia. Segundo Lella et al. (2017) nesta cidade existe um sistema de recolha e transporte otimizados de resíduos que restringe a distância percorrida de recolha de rotina em 59,12%, permitindo melhorias na reciclagem de materiais e diminuição do uso de locais de despejo.

2.4.10 Logística

O aprimoramento da logística interna da empresa, através da melhoria dos processos e do fluxo de dados e informações que trafegam em cada um dos departamentos é indispensável em um PIE. Evidentemente dentro de uma empresa existem vários processos logísticos, sendo partilhados ou não. De acordo com Ângelo (2005), um PIE deve possuir um desempenho logístico que compreende quatro áreas chaves: atendimento do pedido ao cliente (o pedido deve corresponder ao prazo de entrega e ser completo); gestão de estoques (disponibilidade dos itens para venda, correspondência do estoque com o numero de posições para estocagem disponíveis no armazém); armazenagem (quantidade de pedidos por hora, o tempo de permanência dos veículos de transporte nas docas de recebimento e utilização dos equipamentos de movimentação disponíveis em uma obra); gestão de transportes (custo do frete por unidade

expedida, coletas realizadas dentro do prazo e utilização da capacidade de carga dos veículos de transporte). Além disso, para melhorar a mobilidade dos produtos no parque industrial, as empresas podem partilhar os mesmos armazéns e centros logísticos, melhorando o custo benefício dos transportes contratados pelas empresas e reduzindo as infraestruturas

2.4.11 Mobilidade/transporte

De acordo com (GIZ, 2017), a mobilidade num PIE deve ser eco eficiente, abrangendo tanto a mobilidade externa como a mobilidade interna do PI. O PIE deve conter ligações externas de vias para localidades próximas ou áreas de habitação de onde os trabalhadores vão viajar para o Parque Industrial de forma ágil. Os pontos de paragem de autocarro e pontos de acesso ao peão devem situar-se perto da entrada do PI. O PIE deve conter transportes públicos, como viaturas operadas a bateria, autocarros que vão do parque industrial para as localidades próximas, áreas de habitação e estações ferroviária/autocarros, assim como, ciclovias e acesso ao peão na envolvente do PIE. O transporte público urbano (TPU) é um serviço essencial numa sociedade e desenvolve um papel social e económico de grande importância, pois democratiza a mobilidade, proporcionando locomoção das pessoas que não possuem automóvel ou não podem conduzir. Estabelece um modo de transporte para reduzir congestionamentos, níveis de poluição e o uso de energia automotora, além de racionalizar o uso do solo (Santos, 2000).

Para a mobilidade interna do PIE é recomendado viaturas elétricas, que o PI contenha provisões para paragens de autocarro, abrigos em todo o PI, ciclovias, espaços para estações de bicicletas e estacionamento de bicicletas, bem como redes pedonais consistindo de passeios ao longo das estradas e caminhos nos cinturões verdes para criar um sistema de circulação de peões seguro e conveniente.

2.4.12 Monitorização/avaliação da qualidade ambiental

Para VALEC (1988) a monitorização/avaliação da qualidade ambiental destina-se a orientar e especificar o conjunto de procedimentos mínimos que devem ser observados no acompanhamento/avaliação da execução/implantação de Planos de Gestão/Intervenção Ambiental. Além disso, estas ações poderão servir para verificar o cumprimento de requisitos de conformidade ambientais e a eficácia de cada uma das medidas tomadas. Com a monitorização, procura-se também garantir o atendimento das condições estabelecidas nas

licenças ambientais e o cumprimento dos compromissos assumidos com a sociedade. A meta proposta é constatar zero ocorrências de não conformidades nos registos de acompanhamento das Licenças Ambientais e zero ocorrências de não conformidades nos registos de controle da execução.

2.5 USO DE INDICADORES

Um instrumento fundamental para a aplicação do conceito de desenvolvimento sustentável consiste no estabelecimento de objetivos e indicadores que possam medir o avanço face aos objetivos estabelecidos.

Os indicadores são frequentemente referidos como parâmetros, medidas, formas de medição ou variáveis. Nesses casos, um indicador é uma grandeza, isto é, uma propriedade de um fenómeno, corpo ou substância à qual uma magnitude pode ser atribuída (Heink & Kowarik, 2010).

Os indicadores são ferramentas muito importantes, pois permitem conhecer o contexto que se deseja modificar e determinar as prioridades, além de estabelecer os objetivos e transformá-los em metas a fim de acompanhar o andamento dos trabalhos e avaliar os processos para verificar os resultados e os impactos obtidos, aumentando as chances de realizar tomadas de decisão corretas (ORBIS, 2010).

Um indicador ambiental é geralmente definido como um valor que indica o estado, as condições que afetam o ambiente e as respostas dadas para influenciar o sistema ambiental. Assim, um indicador raramente é apresentado como um dado único, mas deve ser colocado em algum contexto a partir do qual é possível inferir o que é avaliado (Alfsen & Sæbø, 1993).

Em Portugal, foi desenvolvido no ano de 2000 a primeira edição do Sistema de Indicadores de Desenvolvimento Sustentável (SIDS) - “Proposta para um Sistema de Indicadores de Desenvolvimento Sustentável”, (DGA, 2000a) sendo um instrumento para avaliar e relacionar a evolução da sustentabilidade do país (Lopes, 2013).

A norma ISO 14031 sugere que os indicadores ambientais devem abranger duas categorias, indicadores de condição ambiental (ICAs) e Indicadores de Desempenho Ambiental (IDAs). Os PIEs podem ser divididos em Indicadores de Desempenho da Gestão (IDGs) e Indicadores de Desempenho Operacional (IDOs). Os IDGs são usados para avaliar a eficácia e a eficácia da gestão de decisões e ações na melhoria do desempenho ambiental. A avaliação das IDGs abrange a implementação de políticas e programas, adequação, desempenho financeiro e

relações públicas. Os IDOs são usados para avaliar o desempenho ambiental das organizações em operações, incluindo materiais, energias, dispositivos e equipamentos, produtos, resíduos, emissões de poluição do ar, descarga de águas residuais e ruído/radiação (Chen et al., 2018).

2.6 AUDITORIAS AMBIENTAIS

Para Dekker (1992), Heras-saizarbitoria et al. (2013) e Sales (2001), de modo geral, a auditoria ambiental pode ser definida como a investigação sistemática através do qual uma organização examina as práticas e operações que oferecem riscos potenciais para o ambiente e a saúde pública, para certificar a sua adequação a critérios estabelecidos, requisitos legais normas técnicas e procedimentos desenvolvidos ou adotados pela empresa a qual pertence, levando em conta, se necessário, os aspetos administrativos, organizacionais e jurídicos.

As definições de auditoria ambiental pelos autores acima são semelhantes a prevista na ISO 14010:2015 que estabelece o seguinte conceito de auditoria ambiental:

“Auditoria ambiental é o processo sistemático e documentado de verificação, executado para obter e avaliar, de forma objetiva, evidências de auditoria para determinar se as atividades, eventos, sistema de gestão e condições ambientais especificados ou as informações relacionadas a estes estão em conformidade com os critérios de auditoria, e para comunicar os resultados deste processo ao cliente”.

O objetivo principal é avaliar se a indústria controla seus efeitos no ambiente além de identificar pontos para melhoria. Dessa forma as auditorias ambientais constituem uma ferramenta muito eficaz para avaliação ambiental de diversas organizações.

2.7 BENCHMARKING

Para a Associação Empresarial para a Inovação (COTEC, 2013), “O *benchmarking* é uma técnica aplicável a várias áreas da gestão organizacional. Consiste num exercício consciente de procura de exemplos de excelência a perseguir ou padrões com que se comparar”. É um método de avaliação, que orienta no âmbito de aprendizagem da organização.

De acordo com *Institute of Management Accountants* (IMA, 1995), o processo de *benchmarking* envolve avaliar continuamente as práticas das organizações e analisar os seus resultados para incorporar a melhorias dessas práticas. Camp (1995), afirma que: *benchmarking* é a procura das melhores práticas do setor que levam a um desempenho superior.

Segundo IMA (1995), comum a todas essas definições, o *benchmarking* é um processo configurado para permitir um sistema interno de avaliação para desenvolver e implementar um plano para liderança no mercado, bem como para comparar resultados permitindo determinar quais as melhores práticas em aplicação no sector. Deve integrar os produtos, serviços e práticas de uma empresa, bem como manter o processo contínuo. Envolver medições quantitativas e qualitativas com empresas de referência e por fim serem líderes da indústria, comparado o desempenho da organização com o melhor em escala mundial, já que o melhor pode não ser um concorrente em outra indústria.

3 METODOLOGIA

A análise das variáveis de gestão ambiental do PI da cidade de Mirandela foi realizada por meio da aplicação de indicadores e por um estudo de *benchmarking* entre as empresas. Estas ferramentas foram utilizadas para avaliar a adequação de práticas de sustentabilidade no PI de Mirandela. A metodologia desta dissertação foi estruturada conforme esquema representado na Figura 2.

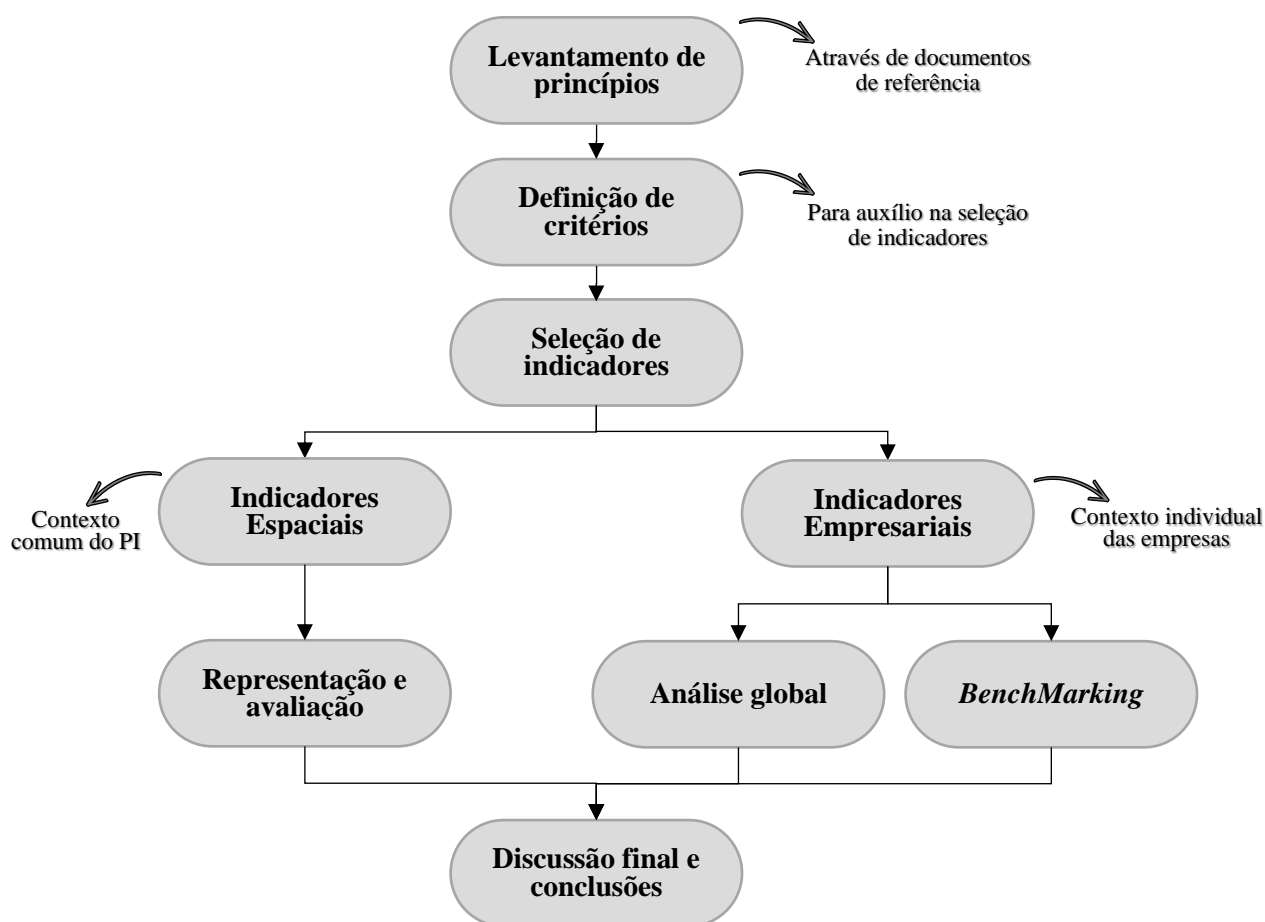


Figura 2 - Esquema resumo da metodologia.

3.1 LEVANTAMENTO DE PRINCÍPIOS

Para o auxílio da seleção de indicadores na escala de um PI, foram levantados princípios relacionados à sustentabilidade industrial, tendo por base o questionário utilizado em auditorias ambientais realizadas nas empresas de Mirandela, que engloba áreas como água, energia, mobilidade, logística, resíduos sólidos, entre outras com ênfase na escala de PI. Esta parte do

estudo teve o intuito de criar uma base de referência para a escolha de indicadores, permitindo a obtenção de um conjunto capaz de abranger o máximo de aspectos tidos como referência para a sustentabilidade industrial. Os princípios levantados constam do Quadro 1 e foram amplamente discutidos na Seção 2.4.

Quadro 1 - Princípios para um PIE.

Princípios	Sigla
Sistema de Gestão Ambiental	SGA
Gestão da água	GA
Eficiência energética/fontes renováveis	EE/FR
Infraestrutura e equipamentos comuns	IEC
Prevenção de poluição do ar	PPA
Prevenção de ruídos	PR
Uso do solo	US
Interação/cooperação entre empresas	ICEE
Gestão de resíduos	GR
Logística	LO
Mobilidade/transporte	MO/TRANS
Monitoramento/Avaliação da qualidade ambiental	MON/AQA

3.2 CRITÉRIOS DE SELEÇÃO

A definição dos critérios foi realizada a fim de auxiliar na seleção dos indicadores. Dessa forma, no Quadro 2 são apresentados os quatro critérios estabelecidos. Sendo assim, após o levantamento de possíveis indicadores, os mesmos passaram por um meio de triagem, em que, o indicador que obedecesse a maior quantidade de critérios, seria selecionado. Além do exposto, criou-se uma matriz, na qual foi relacionado o indicador com o grau de relação que o mesmo possuiu com cada critério. As relações foram discriminadas em: Forte, Média e Fraca, com os pesos 3, 2 e 1, respectivamente (Quadro 3). A atribuição dos pesos deu-se a partir dos conceitos envolvidos em cada princípio e da metodologia dos indicadores.

Quadro 2 - Critérios utilizados para seleção dos indicadores.

Critérios para seleção
Facilidade e rapidez de determinação e interpretação/ Possibilidade de ser rapidamente atualizado
Possibilidade de comparação com critérios legais ou outros padrões/metabol existentes
Capacidade de resposta às mudanças no ambiente e ações de projeto relacionadas
Dados de qualidade, baseados em monitorização/disponibilidade mecanismos viáveis de monitorização

Quadro 3 - Escala de pesos para avaliação de critérios.

Escala de avaliação critérios	
Baixa	1
Média	2
Alta	3

3.3 SELEÇÃO DE INDICADORES

A seleção de indicadores aplicáveis à escala de Parque Industrial Ecológico teve como base o “*Guía Metodológica para los sistemas de auditoria, certificación o acreditación de la calidad y sostenibilidad en el medio urbano*”, de Rueda (2012). Como resultado, obteve-se uma ampla listagem de 75 indicadores (vide ANEXO III), dos quais essa primeira listagem passou por uma triagem, sendo selecionados 25 indicadores com a maior quantidade de critérios associados. Num segundo momento, os indicadores selecionados foram aqueles com maior quantidade de critérios associados, porém também levando em consideração os pesos estabelecidos. A seleção foi efetuada ao somar os pesos estabelecidos para os critérios, sendo possível determinar os indicadores com menor representação. A partir desta análise, procurou-se substituir os indicadores com menor peso por outros que fortalecessem a relação do indicador á critérios e princípios (vide ANEXO D). O Quadro 4 apresenta os indicadores selecionados, no qual, os mesmos foram classificados em empresarias (contexto individual do PI) e espaciais (contexto comum do PI). Os indicadores no contexto individual das empresas foram subdivididos em grupos que englobam parâmetros adicionais que foram abordados na Secção 3.5.1.

Quadro 4 - Indicadores selecionados.

Grupo de indicadores - Contexto individual das empresas	Indicadores - Contexto comum do PI
Sistema de Gestão Ambiental	Ruído (Lden, Ln)
Gestão da água	Percentagem de área ocupada por EV públicos
Fontes renováveis/Eficiência energética	Distancia média entre paragens de TPU
Gestlao de efluentes	Distancia média entre contentores comuns de resíduos
Gestão de resíduos sólidos	
Monitorização ambiental	
Gestão de emissões atmosféricas	

3.3.1 Realização de auditorias ambientais nas empresas do PI de Mirandela

Nos dias 3, 4, 5 e 11, 12, 13 de junho de 2019 foram realizadas auditorias ambientais em 21 empresas do Parque Industrial de Mirandela, no âmbito do projeto Rehabind (ref.^a 0399_REHAB_IND_2_E), juntamente com a empresa parceira INCOSA - Investigación y Control de Calidad S.A. As auditorias tiveram como intuito o auxílio da análise ambiental do PI e a obtenção de dados para os indicadores no contexto empresarial (individual) e para o estudo de *benchmarking*. O dia e horário das auditorias foram marcados com antecedência para que os empresários pudessem se organizar e disponibilizar os documentos. O contato com as empresas fez-se por intermédio de telemóvel ou *e-mail*, diretamente com a gestão de topo. Foram auditorias breves, sendo realizadas três a quatro auditorias por dia, no período da manhã ou da tarde, dependendo da disponibilidade das empresas.

3.3.2 Análise de *Benchmarking*

A análise de *benchmarking* consistiu em estabelecer critérios ambientais que tiveram como referência as áreas do questionário aplicado nas auditorias ambientais em Mirandela. Com auxílio do *software* Excel, foi construída uma matriz, onde constavam os critérios e as empresas que participaram da pesquisa. As empresas participantes foram alvo de um diagnóstico ambiental, com o intuito de analisar os processos produtivos e sistemas utilizados. Com o auxílio dos resultados deste diagnóstico foi possível comparar as diferentes empresas ao nível ambiental. No âmbito do estudo de *benchmarking*, foram analisadas 21 empresas de diferentes dimensões, cujas atividades e características não foram citadas devido a confidencialidade á empresa.

O estudo baseou-se no pressuposto de que, quanto mais a empresas obedecessem aos critérios, mais pontos lhes seriam atribuídos, para que, no final fosse possível realizar uma comparação entre as organizações. A que obtivesse maior pontuação, possuiria mais aspetos positivos no contexto ambiental do PI.

A fim de analisar estatisticamente a relação dos critérios com cada empresa, foi utilizado o *software* SPSS, que através do teste de hipótese não paramétrico Kendall's tau_b, buscou-se encontrar correlação nas respostas dos empresários.

Num segundo momento a análise de *benchmarking* também contou com um gráfico para vetorizar as interações entre as empresas, que foi gerado a partir o *Software* Gephi, visando representar a cooperação industrial entre empresas, incluindo genericamente qualquer prestação

de serviço ou colaboração entre elas. Para este propósito foi construída uma matriz que mostra “quem interagia com quem”, no qual, foi possível verificar a existência e o número de interações entre as empresas dentro do PI.

Os dados obtidos apresentam caráter anónimo, razão pela qual não se fará referência a nenhuma organização em particular, devido a natureza confidencial deste estudo no que concerne à identidade das organizações envolvidas.

3.3.3 Tratamento dos dados

O procedimento de análise ocorreu de forma específica para cada um dos indicadores. Além das auditorias, os demais métodos utilizados para obtenção de dados incluíram o recurso a Sistemas de Informação Geográfica (SIG), com informações disponíveis e, principalmente, com o levantamento de dados *in loco*.

Para o reconhecimento espacial utilizou-se os *Software* ArcGIS 9.2 e Qgis 2.18.24, de acordo com o sistema global de referência *European Terrestrial Reference System 89*, Portugal TM06 (ETRS89). Tais ferramentas permitiram a representação espacial das informações levantadas, viabilizando o mapeamento, integrando na representação imagens aéreas Bing. Na análise de dados, entre outros, foram utilizados os *softwares* de análise estatística SPSS 25, Origin e Gephi.

3.4 REALIZAÇÃO DE WORKSHOP PARA OS EMPRESARIOS DO PI DE MIRANDELA

Foi realizado um Workshop titulado “O Workshop de Economia Circular” que foi organizado no âmbito do projeto Rehabind (ref.^a 0399_REHAB_IND_2_E), dirigido às empresas do Parque Industrial de Mirandela, efetuado no auditório pequeno do Complexo Cultural na cidade de Mirandela, Portugal. O Workshop foi realizado no dia 28 de maio de 2019. Este Workshop teve como objetivo incentivar as empresas participantes à cooperação industrial no contexto da economia circular e simbiose industrial, componentes essenciais na consolidação de um Parque Industrial Ecológico. No decorrer desta ação foram apresentados diapositivos com conceitos diversos, exemplos sobre o tema e informações referentes as dinâmicas realizadas (Para mais informações, vide ANEXO VI).

3.5 APLICAÇÃO DOS INDICADORES NO CONTEXTO EMPRESARIAL

A aplicação dos indicadores citados no Quadro 4 no contexto empresarial, teve por base os dados obtidos através da aplicação das auditorias ambientais realizadas nas empresas do PI de Mirandela. Cada indicador possuiu tratamento específico, tendo por base as diferentes temáticas tratadas nos questionários usados nas auditorias, que incluem: consumo de água, consumo de energia, descargas de água, emissões atmosféricas, contaminação acústica, resíduos sólidos, cooperação industrial, mobilidade e logística.

3.5.1 Grupo de indicadores

Com intuito de usufruir de todos os dados coletados nas auditorias ambientais, foram compostos grupos de indicadores, em que, cada grupo abrangeu indicadores individuais, onde foram abordados parâmetros que se enquadravam na mesma temática do grupo do indicador principal. No grupo “Sistema de gestão Ambiental”, foi verificado se a empresa dispunha da normativa ISO 14001, de um gestor ambiental, de Manual de Boas Práticas Ambientais (documento escrito), de um Plano de emergência Ambiental ou se já havia realizado auditoria ambiental. Para “Gestão da água”, avaliou-se se a empresa possuía mecanismos para reutilização de água e medidas para minimizar o seu consumo. Em “Fontes renováveis/Eficiência energética”, verificou-se também se as organizações utilizavam fontes de energia renováveis e se dispunham de medidas para minimizar o consumo de energia. No grupo “Gestão de efluentes”, foi examinado se as empresas possuíam algum pré-tratamento de água e efluentes se realizavam análise da água, tanto para consumo como as residuais. Para o grupo “Gestão de resíduos sólidos”, foi verificado se a empresa realizava recolha seletiva e se possuía alguma gestão do resíduo orgânico”. No grupo “Monitorização ambiental” averiguou-se a existência de mecanismos de monitoramento ambiental na empresa. E, por fim, no grupo “Gestão de emissões atmosféricas”, analisou-se se era realizado algum tratamento dessas emissões e se possuíam medidas para minimizar a quantidade de emissões de GEE (Quadro 5).

Quadro 5 – Grupos de indicadores empresariais.

GRUPOS	INDICADORE EMPRESARIAIS
Sistema de Gestão Ambiental	<ul style="list-style-type: none"> • ISO 14001 • Gestor Ambiental • Manual de Boas Práticas Ambientais • Plano de Emergência Ambiental • Auditorial Ambiental
Gestão da água	<ul style="list-style-type: none"> • Reutilização da água • Medidas para minimizar o consumo de água
Fontes de energia renováveis/Eficiência energética	<ul style="list-style-type: none"> • Fontes de energia renováveis • Medidas para minimizar o consumo de energia
Gestão de efluentes	<ul style="list-style-type: none"> • Pré-tratamento de águas e efluentes • Análise da água
Gestão de resíduos sólidos	<ul style="list-style-type: none"> • Recolha seletiva • Gestão de resíduos orgânicos
Monitorização ambiental	<ul style="list-style-type: none"> • Mecanismos de monitorização ambiental
Gestão de de emissões atmosféricas	<ul style="list-style-type: none"> • Medições de emissões atmosféricas • Sistema de tratamento • Medidas para minimizar a quantidade de emissões de GEE

Foi utilizado o *software* Excel para tratamento e organização das informações. Todos os dados, foram transformados em dados binários para que posteriormente pudessem ser gerados gráficos para desenvolvimento, interpretação e aplicação dos indicadores.

3.6 APLICAÇÃO DOS INDICADORES NO CONTEXTO COMUM DO PI

3.6.1 Ruído (Lden e Ln)

O indicador Lden, é um indicador de ruído diurno-entardecer-noturno, expresso em dB(A), determinado durante uma série de períodos diurnos, do entardecer e noturnos, associado ao incómodo global. É expresso pela Equação (1):

$$Lden = 10 * \log \frac{1}{24} [13 * 10^{Ld/10} + 3 * 10^{(Le+5)/10} + 8 * 10^{(Ln+10)/10}] \quad (1)$$

Em que:

L_d - Nível sonoro contínuo equivalente diurno (dBA);

L_e - Nível sonoro contínuo equivalente entardecer (dBA);

L_n - Nível sonoro contínuo equivalente noturno (dBA).

O indicador L_n , é um indicador de ruído noturno, que mede o nível sonoro contínuo equivalente, em dB(A), determinado durante uma série de períodos noturnos.

Para analisar o L_{den} e o L_n no PI, o equipamento utilizado para captação e medição de ruído foi um Medidor de nível de som e analisador de espectro integrador da marca Cesva®, modelo SC420. Este, é composto pelo medidor de nível de som classe 1 com gravação de áudio com pré-gravação e comentários de voz; maior armazenamento com cartão de memória MicroSD; parâmetros automatizados; conectividade USB e BLUETOOTH® embutida (Figura 3). As gravações foram realizadas para bandas de um terço de oitava (CESVA, 2019).



Figura 3 - Medidor de nível de som e analisador de espectro utilizado para verificação dos ruídos no PI de Mirandela, Portugal.
Fonte: (CESVA, 2019)

A medição foi realizada em três períodos distintos, conforme estabelecido no Regulamento geral do Ruído (RGR), consideraram-se os períodos de referência diurno (7h-20h), do entardecer (20h-23h) e noturno (23-7h). Para realizar a medição, foram escolhidos 29 pontos distribuídos estrategicamente a partir do *software* Google Earth Pro (2019), sendo 7 pontos na envolvente e 22 no interior do PI (Figura 4). A partir disso, no trabalho *in loco* foram medidos os níveis de ruído num período de 5 minutos para cada ponto individualmente. A

medição foi realizada três vezes para o período diurno e uma vez para os períodos entardecer e noturno. Obteve-se um total de 145 medições (87 para o período diurno, 29 para entardecer e 29 para noturno).

Para melhor interpretação e tratamento dos dados, foi realizado o cálculo dos indicadores separadamente para o interior do PI (pontos de 8 a 29) e para sua envolvente (pontos de 1 a 7) de acordo com a Figura abaixo.



Figura 4 – Localização dos pontos escolhidos para medição de ruído no PI de Mirandela, Portugal.
Fonte: Google Earth Pro (2019)

3.6.2 Percentagem de área ocupada por espaços verdes públicos

Como um indicador de análise da superfície, consiste na comparação da área verde em relação à área total da zona. A quantidade de espaços verdes existentes numa cidade, num bairro ou zona urbana pode influenciar na qualidade da estrutura urbana e consequentemente a qualidade de vida da população, além de promover outros benefícios ambientais, económicos e sociais, que incluem a melhoria da saúde física e psicológica dos habitantes, mitigação das mudanças climáticas, redução da poluição, conservação da biodiversidade, melhoria do microclima urbano e da qualidade do ar na envolvente, o aumento das áreas permeáveis da cidade ou os benefícios estéticos, entre muitos outros (Mendes, 2017).

Este indicador tem como objetivo analisar a quantidade relativa de espaços verdes disponíveis em determinada área, no caso deste estudo, no PI de Mirandela. Inicialmente, para

desenvolver este indicador foi realizada uma classificação funcional em relação à utilização dos diferentes tipos de espaços verdes públicos. Os EV foram classificados como: expectante, urbanos e industriais. Os espaços expectantes são segundo Brito, (2004), espaços abandonados, sem uso. Os urbanos são espaços que contribuem de alguma forma para a comunidade. E por fim, como industriais foram classificados os espaços verdes que estão localizados dentro de lotes industriais, que já possuem edificação.

Para o cálculo de percentagem de EV existentes no PI, foi utilizado os *softwares* Softwares ArcGIS 9.2 e QGIS 2.18.24 para a definição dos polígonos de todas as áreas verdes presentes e posteriormente serem classificadas e quantificadas quanto a extensão territorial e a percentagem em relação a área total do PI. No processo de calculo foi determinada a área total do projeto (A_{TP}) e o somatório das áreas verdes (A_{EV}), para posteriormente determinar a percentagem de EV existentes (P_{EVE}) da seguinte forma:

$$P_{EVE} = \frac{\sum A_{EV}}{A_{TP}} * 100$$

Em que:

P_{EVE} - Percentagem de espaços verdes existente;

$\sum A_{EV}$ - Área de espaços verdes;

A_{TP} - Área total do projeto.

3.6.3 Distância média entre paragens de TPU

A Câmara Municipal de Mirandela oferece à população da cidade um serviço de transporte público urbano, dois autocarros circulam todos os dias úteis pelas principais ruas de Mirandela e alguns bairros mais residenciais. O exposto estimula a mobilidade dos cidadãos, causando uma diminuição do uso de veículos automóveis, além de reduzir o trânsito, melhorando a qualidade de vida da comunidade (Câmara Municipal de Mirandela, 2015).

Para aplicação deste indicador foram localizados e identificados os pontos de paragem de TPU de Mirandela através do *software* Google Earth Pro (2019), sendo contabilizados apenas dois pontos em toda extensão do PI (Figura 5). No cálculo da distância entre as paragens, os pontos foram exportados para o *software* ArcGIS 9.2, afim de se criar uma matriz de permeabilidade, que foi executada da seguinte forma: Para o eixo das vias foi aplicado um BUFFER de 5 metros, definindo o contexto de mobilidade no contexto do PI, posteriormente a matriz foi transformada em RASTER. Com a base de dados RASTER obtida foi possível

calcular a distância através das ferramentas “*cost distance*” e “*zonal statistics*” para delinear as distâncias máximas e mínimas entre os pontos de paragem através de um sistema de cores. Por meio de uma tabela gerada pelo mesmo *software*, foram apresentadas as médias e desvios padrões para auxiliar na interpretação dos dados, podendo ser realizadas análises e comparações com os valores referencia.

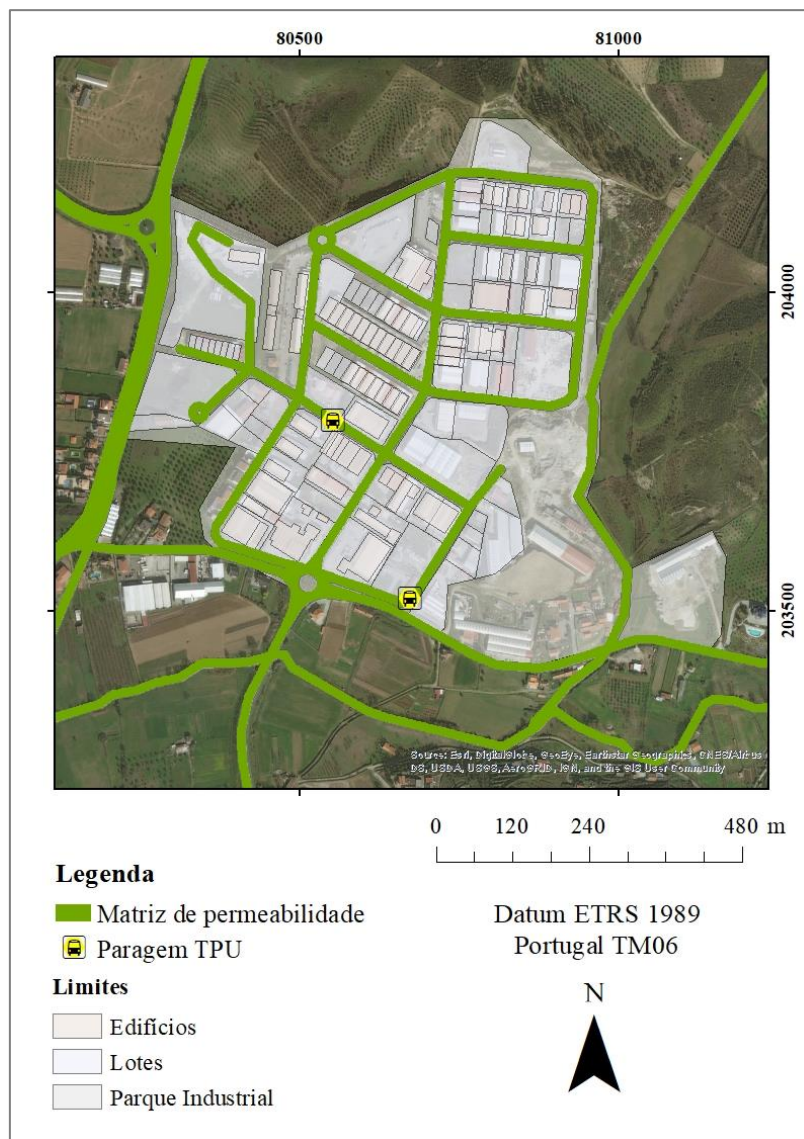


Figura 5 – Localização dos pontos de paragem de TPU no PI de Mirandela, Portugal.

3.6.4 Distância média entre contentores comuns de resíduos

O indicador de distância média entre os contentores comuns de resíduos avaliar a disponibilidade e disposição de contentores. A proximidade dos pontos de recolha face às empresas é um importante aspeto para a aceitação ao sistema de deposição e recolha.

No processo de desenvolvimento deste indicador, foram localizados os contentores existentes no PI a partir de visitas *in loco* e do *Software Google Earth Pro* (2019), totalizando 14 contentores comuns dispersos pelo parque (Figura 6). O PI dispõe de um Ecocentro, em que, para o cálculo, além de verificar a distância média entre os contentores, realizou-se uma análise com intuito de verificar qual a distancia máxima e mínima que o Ecocentro podia distar de todas as regiões do PI. A metodologia foi similar ao indicador anterior, no qual, utilizou-se as mesmas ferramentas, sendo a matriz de permeabilidade representada no mapa a baixo, para que através delas fosse realizado o procedimento de “*cost distance*” e “*zonal statistics*” no *software* ArcGIS 9.2.

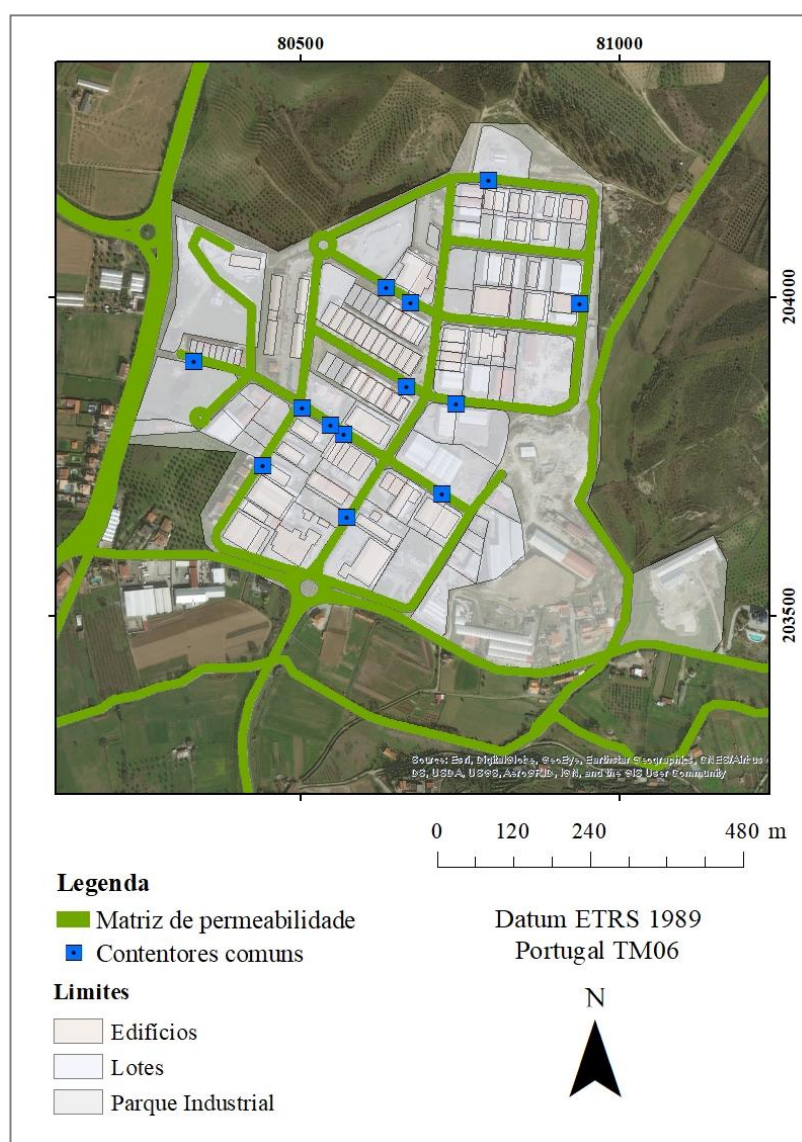


Figura 6 – Localização dos contentores comuns de resíduos do PI de Mirandela, Portugal.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 DESCRIÇÃO DO CONTEXTO DE ANÁLISE

O Parque Industrial analisado (Figura 7) situa-se na cidade de Mirandela pertencente ao concelho com o mesmo nome, formado por 30 freguesias, 101 aldeias e a vila de Torre de Dona Chama, bem no coração de Trás-os-Montes e Alto Douro, encontra-se a meio caminho entre Vila Real e Bragança. Também se pode afirmar que é o centro da Terra Quente Transmontana, marcado por dois vales depressionários por onde correm os rios Tuela e Rabaçal que se juntam a Norte da cidade passando a formar o Rio Tua que vai desaguar ao Douro (CIM-TTM, 2019). O Concelho abrange uma área de 658,97 km² composta por 30 freguesias e 23913 habitantes (INE, 2011).

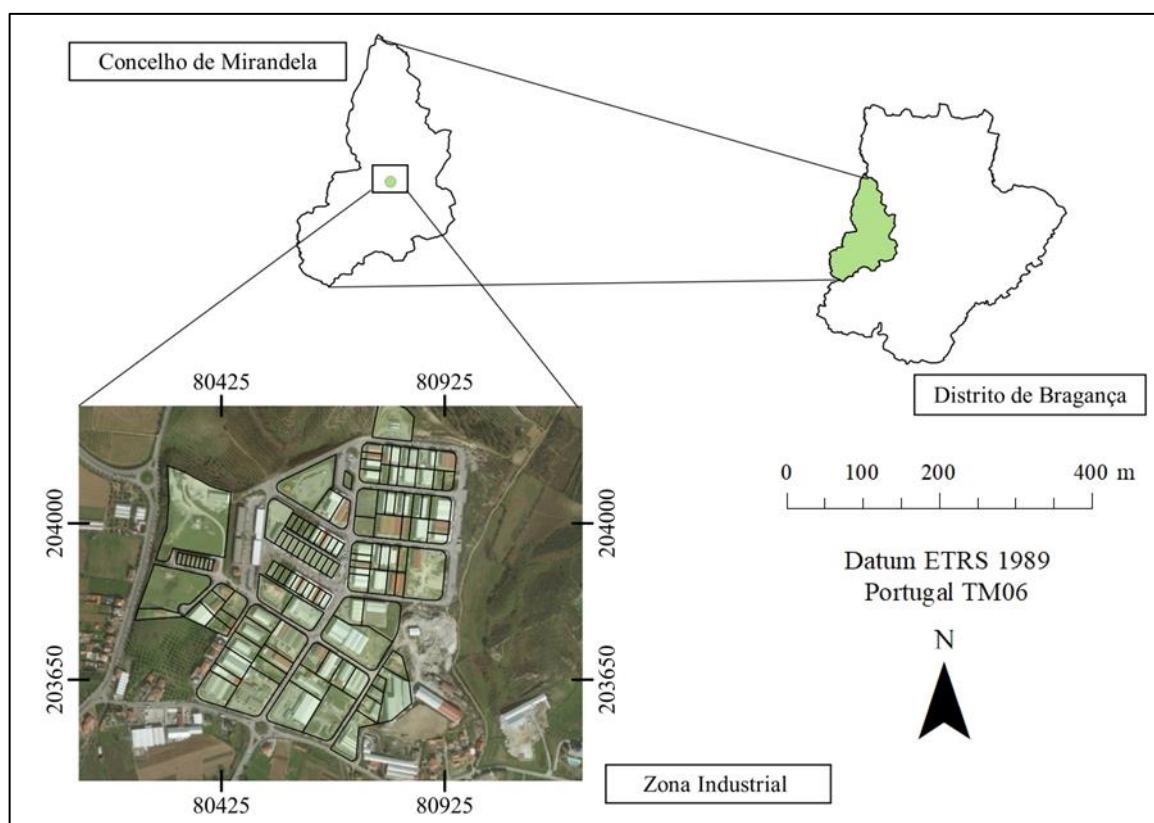


Figura 7 - Localização do parque industrial da cidade de Mirandela, Portugal.

Neste PI predominam, entre outras, empresas no contexto de organizações industriais e de comercialização de produtos, em que, o setor secundário demonstra a necessidade de investimento no desenvolvimento dos Parques Industriais implementados na sede de concelho.

4.2 APLICAÇÃO DOS INDICADORES NO CONTEXTO COMUM DO PI DE MIRANDELA

4.2.1 Ruído (Lden e Ln)

Nos dias de hoje, o ruído é um dos principais causadores de degradação da qualidade do ambiente urbano, motivado particularmente a alta quantidade de transportes existentes. O ruído resulta também das atividades industriais e comerciais, que configuram os centros urbanos em zonas que o ruído ambiente assume um papel significativo na má qualidade de vida das populações (Silva, 2012a)

O Decreto-Lei n.º 9/2007, de 17 de janeiro que aprovou o mais novo Regulamento Geral do Ruído (RGR), é o diploma de Portugal que rege a prevenção e o controlo da poluição sonora, tendo em vista a proteção da saúde e o bem estar das populações. De acordo com o RGR, as zonas sensíveis não devem ficar expostas a ruído ambiente exterior, superior a 55 dB(A), expresso pelo indicador Lden, e superior a 45 dB(A), expresso pelo indicador Ln. Já as zonas mistas não devem ficar expostas a ruído ambiente exterior, superior a 65 dB(A), expresso pelo indicador Lden, e superior a 55 dB(A), expresso pelo indicador Ln.

A partir das medições realizadas em campo foi possível obter as seguintes médias de nível sonoro equivalente (Laeq) para cada período, distinguindo o interior da envolvente do PI (Quadro 6):

Quadro 6 - Nível sonoro de Laeq nos três períodos, no interior e na envolvente do PI de Mirandela, Portugal.

Período	Laeq (dB)	
	Interior PI	Envolvente PI
Diurno	63,03	62,91
Entardecer	46,28	59,68
Noturno	52,34	47,11

No desenvolvimento do indicador, considerou-se que o PI de Mirandela se enquadrava como zona mista e dessa forma, verificou-se através dos dados da medição (Figura 8), que o valor de Lden apenas para o interior do PI cumpre o estipulado pelo RGR, enquanto o indicador Ln não cumpre o valor mínimo estipulado tanto para o interior como a envolvente do PI na categoria de zona mista. Dessa forma, deve-se integrar o fator ruído na tomada de decisão de forma a evitar a coexistência de usos do solo conflituosos e prevenir a exposição das populações a um fator de poluição, que vem sendo um dos principais motivos de mal-estar da população,

no que às temáticas ambientais diz respeito. O objetivo fundamental é assegurar o cumprimento desses limites, devendo obedecer-se ao critério de exposição máxima de acordo com o RGR.

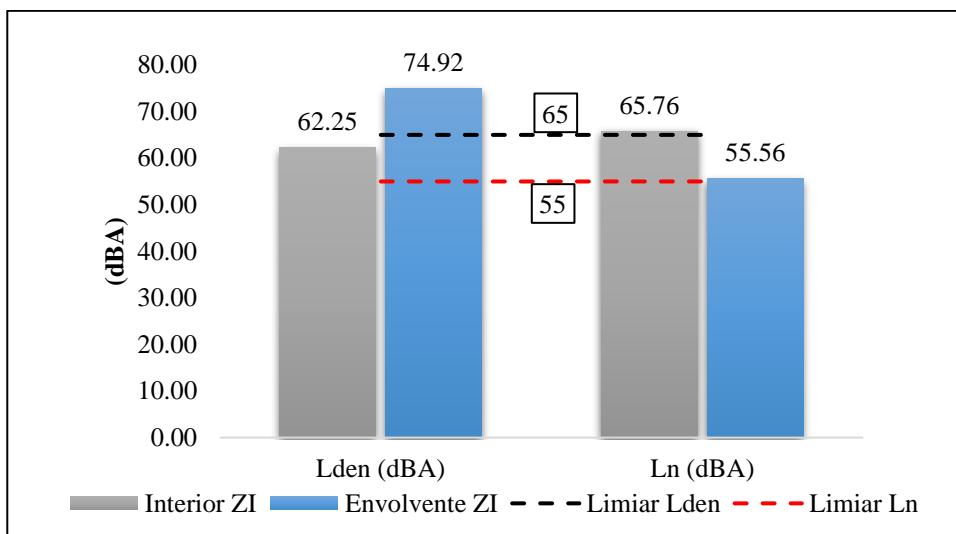


Figura 8 – Valores obtidos para Lden e Ln tanto para o interior como para a envolvente doPI de Mirandela, Portugal.

O cumprimento do indicador Ln é muito importante, pois como existem habitações no PI, este ruído é o que mais afeta a população exposta, onde a dificuldade em adormecer, os despertares e as alterações nos estágios do sono ou na sua profundidade são as queixas mais usuais no que se diz a este fator.

De acordo com a Figura 9, na análise do LAeq, o período entardecer foi o que demonstrou maior diferença entre o interior e a envolvente. A maior causa do ruído interior se deve a grande movimentação de ligeiros e pesados que foi verificada durante as medições dos ruídos. A poluição sonora de tráfego combinada ao período de laboração das indústrias, contribuiu para que o ruído no interior do PI no período noturno e diurno fossem superiores aos valores da envolvente. É necessário ressaltar que o ruído noturno se encontra maior no interior do PI, devido a existência de cães ladrando com constância no período de medição.

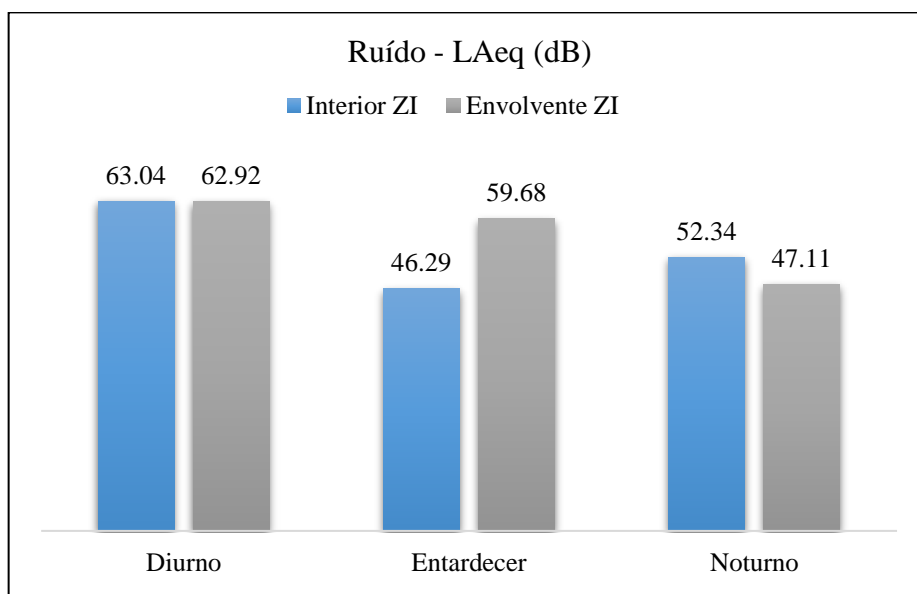


Figura 9 – Comparação dos valores de LAeq (dB) para a envolvente e par o interior do PI de Mirandela, Portugal.

Numa abordagem mais abrangente, o tráfego rodoviário constitui indiscutivelmente a fonte ruidosa mais relevante do PI. Para esta via, em razão da inexistência de estudos disponíveis sobre previsões de tráfego, foram adotadas estimativas de fluxos em função da dinâmica atualmente existente. Dessa forma foi gerado um gráfico para melhor visualização, no sentido de quantos ligeiros e pesados foram contabilizados em cada período e em cada ponto de medição. O Quadro 7 apresenta os termos utilizados para auxílio na contabilização das viaturas.

Quadro 7 – Legenda utilizada para auxílio da contabilização de viaturas.

Período	Contagens
1^aLD	Primeira medição do período diurno - Ligeiros
1^aPD	Primeira medição do período diurno - Pesados
2^aLD	Segunda medição do período diurno - Ligeiros
2^aPD	Segunda medição do período diurno - Ligeiros
3^aLD	Terceira medição do período diurno -Ligeiros
3^aPD	Terceira medição do período diurno -Pesados
LE	Medição do período entardecer - Ligeiros
PE	Medição do período entardecer - Pesados
LN	Medição do período noturno - Ligeiros
PN	Medição do período noturno - Pesados

Através do gráfico abaixo (Figura 10), foi possível verificar o número de ligeiros e pesados que transitavam em torno dos 29 pontos de medição no PI. Os resultados obtidos indicam que a quantidade de ligeiros era nitidamente superior a quantidade de pesados em todos

os pontos. Encontrou-se maior tráfego de viaturas nos pontos 1, 2 e 3 que se posicionavam na envolvente e que davam acesso ao PI, e nos pontos 15, 24 e 26 localizados no interior, na rua principal e de entrada no PI. Já nos pontos, 4, 7, 19 e 28 obtiveram-se valores baixos ou nulos no que respeita ao tráfego de viaturas, devido ao difícil acesso e o estado das ruas em questão de asfaltadas ou não.

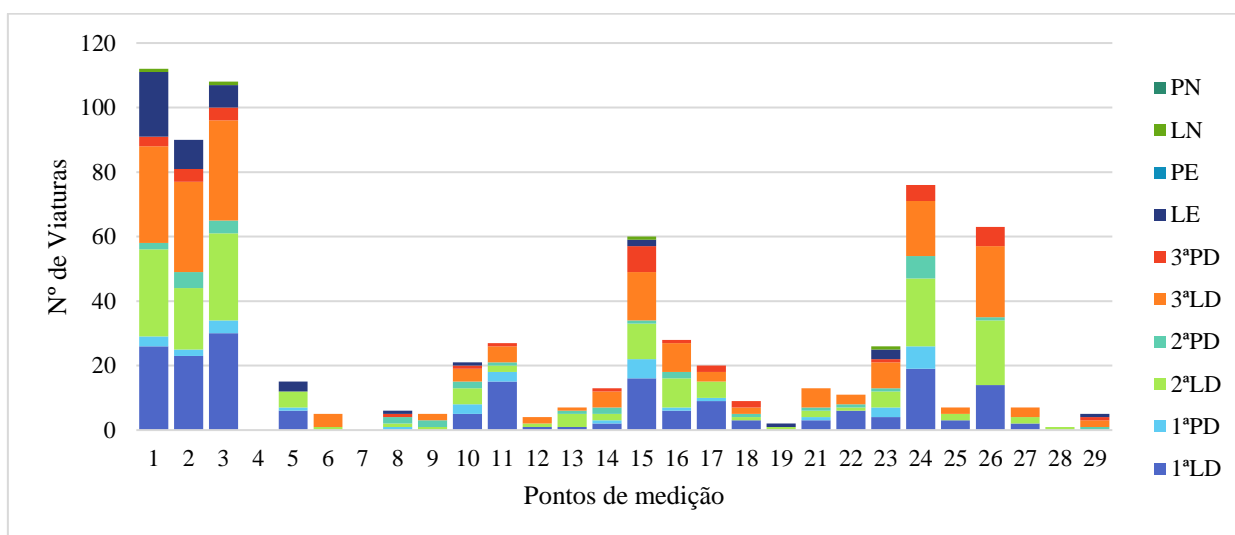


Figura 10 – Quantidade de viaturas contabilizadas em tornos dos 29 pontos de medição no PI de Mirandela, Portugal.

De acordo com Silva (2012b), a exposição prolongada ao ruído ambiente oriundo de zonas industriais e de tráfego, colaboram para um aumento das doenças relacionadas com o ruído ambiente. Em centros urbanos, uma em cada três pessoas está irritada durante o dia e uma em cada cinco tem perturbação do sono durante a noite por causa do ruído do tráfego.

Na Figura 11, foi possível averiguar o nível sonoro de Lden em cada um dos 29 pontos de medição. No tratamento individual desses pontos verificou-se que 10 deles estavam acima do exposto para zonas mistas pelo RGR, sendo os valores encontrados nos intervalos de 65 a 70 e 70 a 75. Dos três maiores valores encontrados (pontos 15, 21 e 24) dois deles (15 e 24) se localizam na rua principal do PI e conforme o gráfico descrito acima na Figura 10, são um dos pontos com números mais altos de viaturas no interior do PI. O ponto 21 obteve altos valores de ruído, causado não pelo tráfego rodoviário, mas pela existência de cães de guarda na empresa no período noturno, sendo que no momento da medição os cães estavam a ladrar, influenciando a determinação de ruído no local.

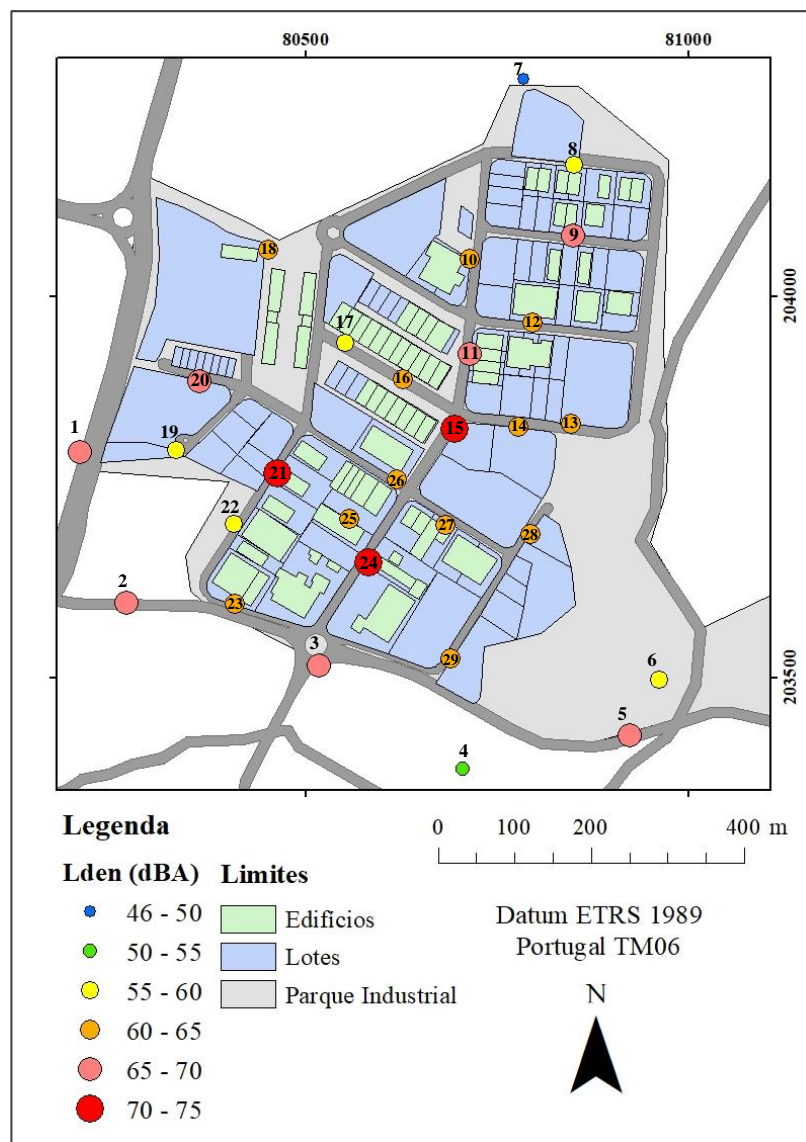


Figura 11 – Valor obtido de ruído (dBA) para cada ponto de medição no PI de Mirandela, Portugal.

O mapa acima comprova que os valores de Lden na maioria dos pontos localizados na envolvente do PI são altos, indicando que os pontos 1, 2, 3 e 5 se encontram no intervalo de 65 a 70 dBA. Já para o interior do PI, os pontos 15, 21 e 24 mostraram a média de valores mais altos de todas as medições se encontrando no intervalo de 70 a 75 dBA. Tanto no contexto do interior como para a envolvente, isso se deve ao elevado número de viaturas em tráfego constante ao redor desses pontos, como pode ser verificado também na Figura 10 em alguns pontos, já apresentada anteriormente.

A prevenção e o controlo do ruído de infraestruturas de transporte podem passar por ações a vários níveis, que devem ser ponderados em função da cada situação concreta (Ministério das Cidades, 2002). Para o presente estudo, o tráfego rodoviário é o fator mais

relevante, podendo atuar-se com recurso às diversas medidas, que foram propostas na síntese de intervenção, na secção 4.5. Admite-se que a eficácia destas medidas diminui no sentido de medidas de planeamento e medidas no recetor. A obtenção de um ambiente sonoro “confortável” nos espaços urbanos deve ser uma preocupação no momento da definição das linhas estratégicas do uso do solo.

4.2.2 Percentagem de área ocupada por espaços verdes

A análise da percentagem ocupada por espaços verdes no PI de Mirandela, permite avaliar a oferta de espaços verdes comparando com a área de superfície do PI. De acordo com a Figura 11, apenas 10% do PI, é caracterizada por ser espaço verde, o que é considerado baixo, já que se trata de uma região industrial, onde o microclima urbano deve ser amenizado e as áreas impermeáveis evitadas, devido as altas temperaturas que podem ser alcançadas pela presença de superfícies de baixo albedo. Ao desenvolver este indicador é possível subdividir os EV totais da cidade e identificar diferentes tipologias, permitindo avaliar a disponibilidade destes nas suas diferentes formas de utilização. A maior parte dos espaços verdes identificados foram os espaços verdes industriais (51%), seguido dos espaços expectantes (47%) e espaços urbanos (2%) (Figura 12).

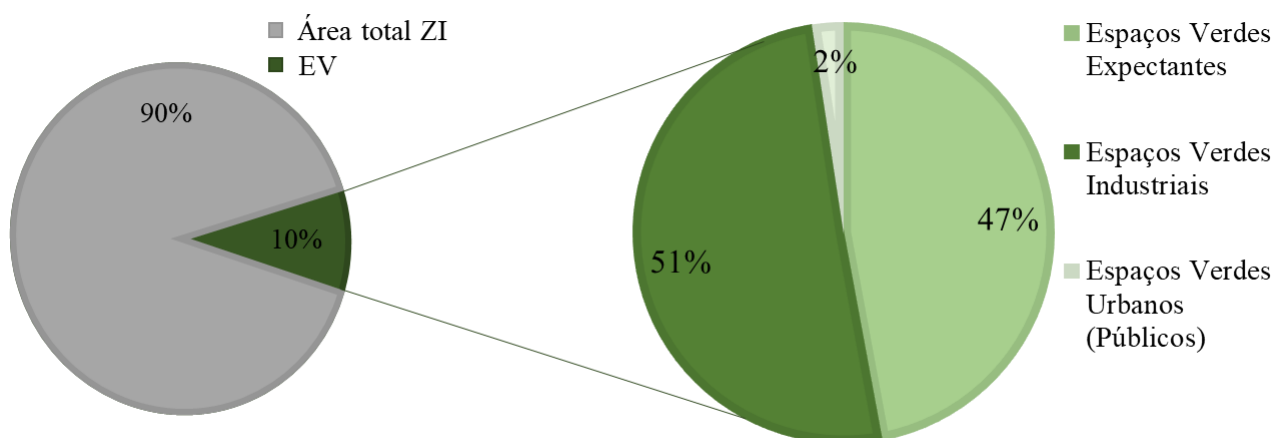


Figura 12 – Relação da área do PI com sua percentagem de EV, distribuídos por tipologias quanto ao seu uso, Mirandela, Portugal.

A percentagem de EV industriais obteve maior índice, devido aos diversos edifícios empresariais possuírem na sua envolvente algum tipo de vegetação. Na maioria destes casos, as empresas exibiam ervados no seu exterior, muitas vezes sem nenhuma manutenção, em áreas que não eram utilizadas pela empresa, dentro dos lotes.

No contexto industrial, é necessário garantir a cedência de espaços verdes para uso público, junto do lote ou em espaço conveniente no PI. Nessa perspectiva, os EV industriais, pelo menos numa proporção do lote, deveriam oferecer um uso coletivo. Na maioria dos casos, esses espaços verdes nos lotes, não possuem condições favoráveis para a utilização, pois muitas vezes se encontram sem manutenção ou abandonados.

Os espaços verdes expectantes assumem igualmente uma ampla distribuição no PI, com expressão nos lotes que não contêm edifícios ou possuem construções inacabadas, mas que possuem vegetação ou área permeável, não tendo condições preferenciais de uso.

A fim de analisar a estrutura verde do PI de Mirandela, inicialmente deve observar-se a distribuição das diferentes categorias dos espaços verdes. De acordo com a Figura 12, foi verificado que existiam poucos EV ligados ao trânsito (Urbanos), que devido a sua dimensão e localização, possuem dificuldades de acessibilidade e segurança para os usuários. Sendo caracterizados com uma rotunda e um espaço de auxílio ao trânsito (Figura 13).

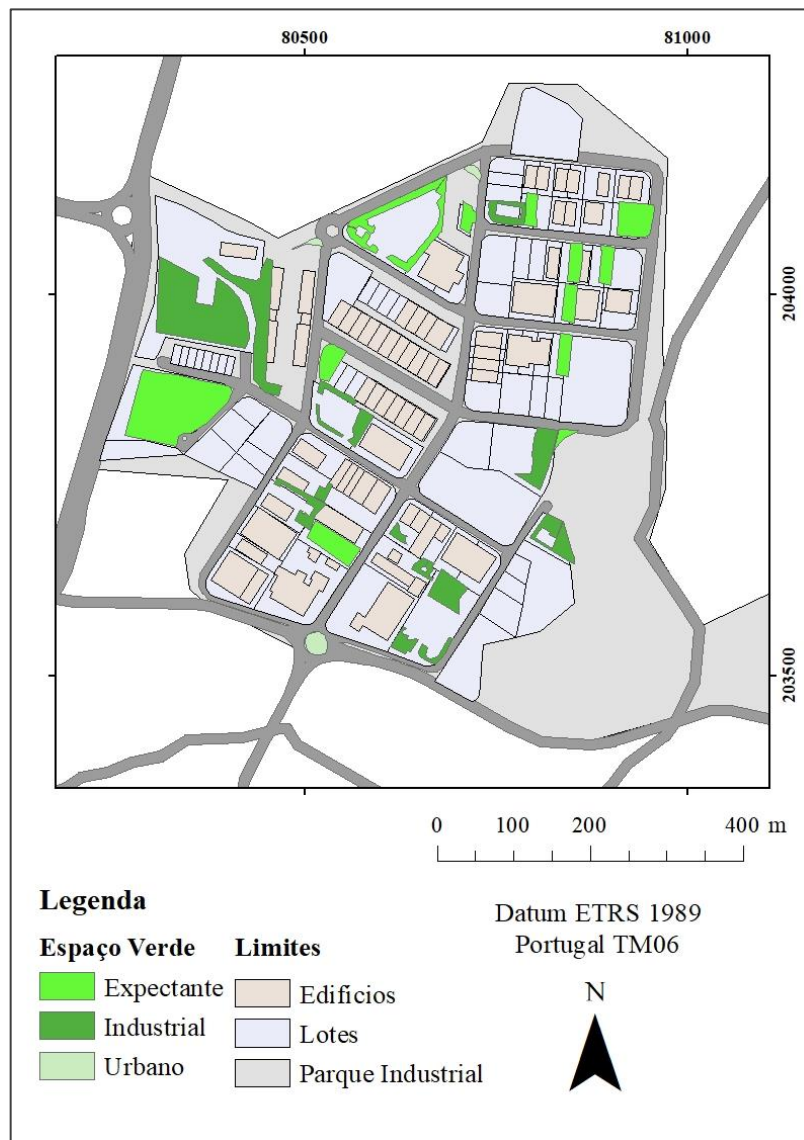


Figura 13 - Classificação dos espaços verdes do PI de Mirandela, Portugal.

Atualmente, estão surgindo tendências de cidades que destinam 20 a 30% da área total para seus espaços verdes urbanos, e ou de 15 a 25 m² de EV urbanos per capita (Singh, Pandey, & Chaudhry, 2010). Num estudo realizado por Fuller & Gaston (2009), abrangendo 386 cidades europeias, sugere que a cobertura de EV é instável significativamente, com média de 18,6%. Um exemplo de legislação a Portaria 216-B/2008 de 3 de Março, que estabelece os seguintes parâmetros e dimensionamentos (Quadro 8):

Quadro 8 - Parâmetros e dimensionamentos definidos pela Portaria 216-B/2008 de 3 de Março.

<i>Espaços de utilização colectiva</i>	<i>Espaços verdes e de utilização colectiva</i>
<i>Habitação em moradia unifamiliar</i>	<i>28 m²/fogo</i>
<i>Habitação colectiva</i>	<i>28 m²/120 m² edificação</i>
<i>Comércio e serviços</i>	<i>23m² /100m² edificação</i>
<i>Indústria e armazéns</i>	<i>23m² /100m² edificação</i>

Fonte: Adaptado de Portaria 216-B/2008 de 3 de Março

Através da legislação que estabelece 23m² para cada 100m² de edificação de acordo com a Portaria 216-B/2008, foi possível realizar uma comparação com a situação atual do PI de Mirandela. Através do *software* ArcGis 9.2, por meio da poligonização dos edifícios encontrou-se a área de edificação, equivalente um total de 60677,33 m² no PI, indicando por base na Portaria, que se faz necessário um valor mínimo de 13955,9 m² de espaço verde em relação aos edifícios do local.

Entretanto esses EV estabelecidos na Portaria devem ser de uso coletivo, porém nem todos os espaços verdes industriais do PI estão aptos acesso público, pois geralmente são áreas verdes abandonadas e sem uso, devendo proceder a manutenção, se necessário, dos mesmos.

Considerando que as áreas verdes cedidas no processo de instalação do PI devem corresponder a espaços de utilização coletiva, constata-se que apenas são disponibilizadas 1,84 m² EV/ área coberta industrial, sendo ainda discutível a verdadeira utilidade destes espaços, pois trata-se de espaços com limitadas condições de uso (rotundas e separadores).

4.2.3 Distância média entre paragens de TPU

A cidade de Mirandela conta com 2 linhas urbanas de autocarro (linha azul e vermelha) e três circuitos, com um conjunto de paragens. A avaliação espacial do indicador mostra por meio dos pontos de paragem de transporte público urbano (TPU), que a disponibilidade de meios alternativos no PI é baixa, possuindo apenas dois pontos de paragem.

Segundo Delgado & Botelho (2005), quanto menor for o número de paragens, maior será o número de passageiros em cada paragem, dessa forma, maior o tempo de imobilização do autocarro na paragem. Em contrapartida, quanto maior for o número de paragens, menor será a velocidade média da viagem devido ao tempo perdido em acelerações e desacelerações.

Logo, se faz necessário encontrar um ponto de harmonia entre tais acontecimentos, levando em consideração que o espaçamento entre paragens é determinante para as distâncias que os passageiros são obrigados a percorrer a pé.

As paragens constituem um elemento fundamental da rede de transportes pois é a partir delas que os passageiros têm acesso ao sistema de transporte público urbano (TPU). Dessa forma, Costa (2008) sugeriu, que em princípio, as paragens devem corresponder a um valor de aproximadamente 2 a 3 paragens por quilómetro, sendo a sua zona de influência, limitada por uma linha que representa o lugar geométrico dos pontos, ou que distam à paragem de um tempo próximo dos 5 minutos (cerca de 300 metros) (Barton et al., 1995).

Como se pode observar no mapa abaixo (Figura 14), a distância mínima entre os pontos de paragem abrangem os intervalos de 0 a 150 metros e 150 a 300 metros, exibindo cerca de 420 metros que distam uma paragem da outra, indicando que a distância entre os pontos representa um espaço maior do que o valor referência estabelecido pelos autores. Admite-se ainda, que em situações onde pessoas que se encontrem em pontos extremos do PI, essas teriam que se deslocar maiores distâncias, em torno de mais de 900 metros como mostra o mapa. Obteve-se uma média para distância de 353,32 metros e um desvio padrão (DP) de 211,07 metros, sendo considerado alto para esse tipo de análise.

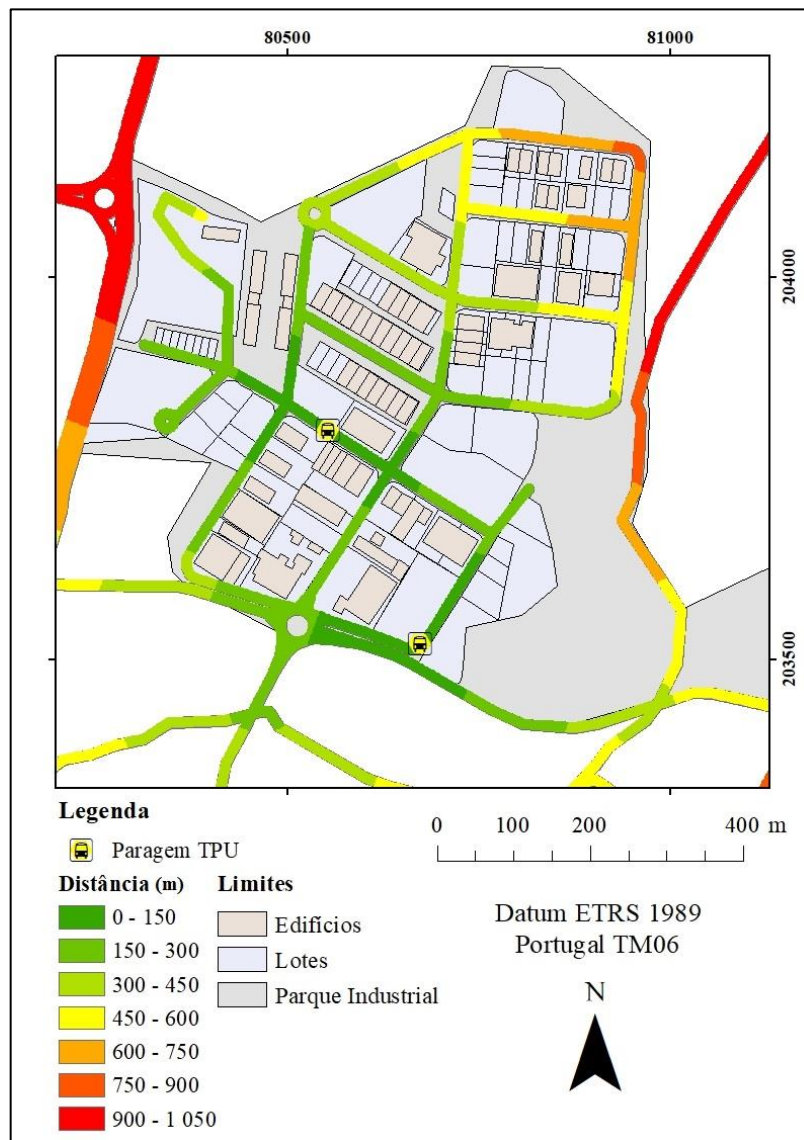


Figura 14 – Distância dos pontos de paragem de TPU localizados no PI Mirandela, Portugal.

A gestão dos TPU pode oferecer diversos benefícios no desenvolvimento socioeconómico local, possibilitando boas infraestruturas viárias, uma gestão do tráfego efetiva, terminais com capacidade em locais apropriados, paragens e abrigos, com intuito de propiciar mobilidade em boas condições.

4.2.4 Distância média entre contentores comuns

O PI de Mirandela possui um Ecocentro, no qual, os empresários podem destinar os resíduos recicláveis gerados em suas organizações, sempre que os mesmos possam ser considerados como equiparados a urbanos e não excedam os 1100 litros por dia. Dessa forma, apenas contentores comuns estão dispostos pelo PI, que é previsto acondicionar somente

material rejeitado e matéria orgânica. A observação da variação espacial dos resultados permite verificar que foram contabilizados 14 contentores comuns e um Ecocentro distribuídos pelo PI.

Rueda (2012), estabelece que a disposição ideal dos pontos de recolha deve garantir que no mínimo 80% da população tenha acesso simultâneo a todos os tipos de contentores, a menos de 150 metros.

A Figura 15a, indica a distribuição espacial dos contentores comuns, em que a máxima distancia observada entre eles foi cerca de 300 metros, não havendo um padrão de espaçamento, possuindo alguns contentores próximos e outros com maior espaçamento. Foram contabilizados 14 contentores comuns, o que é um número alto, entretanto, conforme o mapa demonstra, existem ruas sem nenhum contentor, enquanto outras possuem três, indicando uma má distribuição do mesmo.

Na Figura 15b, é possível verificar que o ecocentro está a mais de 1km de algumas partes do PI, prejudicando as empresas nestas condições. É necessário ressaltar que os resíduos urbanos só podem ser descartados nos contentores de resíduos comum. A maior proporção de resíduos recuperáveis gerados pelas empresas existentes são resíduos provenientes do processo industrial, para os quais as empresas residentes deverão encontrar operadoras de gestão licenciadas ou entidades gestoras, no caso dos fluxos específicos. Dessa forma, resíduos recicláveis como cartão, plástico e vidro são gerados, porém na maioria dos casos, as empresas trabalham por consignação, contribuindo para que embalagens e acondicionadores utilizados nos processos industriais para locomoção dos produtos voltam para o cliente ou fornecedor, evitando encaminhar resíduos recicláveis com muita frequência para centro de reciclagem. Corroborando o exposto, observou-se a má disposição dos resíduos por parte dos empresários nas visitas efetuadas, sendo verificado que os contentores comuns continham material potencialmente reciclável.

A média da distância entre os contentores encontrada foi de 174,05 metros, e o desvio padrão de 183,31 metros.



Figura 15 – A) Distância entre os contentores comuns localizados no PI. B) Distância do Ecocentro á outras regiões do PI de Mirandela, Portugal.

4.3 APLICAÇÃO DOS GRUPOS DE INDICADORES NO CONTEXTO INDIVIDUAL DAS EMPRESAS DO PI DE MIRANDELA

4.3.1 Sistema de Gestão Ambiental

A certificação ISO 14001 estabelece requisitos para a gestão mais eficaz dos aspetos ambientais das atividades das organizações, tendo em consideração a proteção ambiental, prevenção da poluição, cumprimento legal e as necessidades socioeconómicas. De acordo com a Figura 16, apenas 9,5% das empresas do PI possuem ISO 14001, demonstrando o baixo interesse dos empresários pela normativa que traz diversos benefícios e contribui para que a organização tenha um uso racional da energia e dos recursos, além de promover a redução dos custos ao longo do tempo, entre outros benefícios.

Também foram analisados parâmetros como a existência de um gestor ambiental (profissional dedicado apenas para as questões ambientais) na empresa, porém, em concordância, em 90,5% dos casos, as empresas não possuíam um responsável pela gestão

ambiental. Neste contexto, é recomendado que as organizações possuam um gestor dedicado a este componente, pois além das atividades que decorrem da implementação e manutenção da ISO 14001, este profissional pode desempenhar muitas outras atividades no controle dos aspetos ambientais da organização (ex. matérias primas, resíduos, efluentes, etc.), garantindo que a técnica utilizada seja a mais adequada e gerando menores impactos no ambiente.

Adicionalmente, foi avaliado se as empresas dispunham de um manual de boas praticas ambientais (documento escrito) e um plano de emergência ambiental, sendo constatado que apenas 19% possuíam manual de boas práticas ambientais e 28,6 % possuíam o plano de emergência ambiental, que são consideradas percentagens baixas. Segundo Serpa, (2002) nas últimas décadas, aconteceram muitos episódios que sensibilizaram as comunidades quanto à necessidade de serem adotadas ações específicas para o controle ambiental e na gestão de riscos associados às atividades industriais, principalmente as com elevado risco (Figura 16).

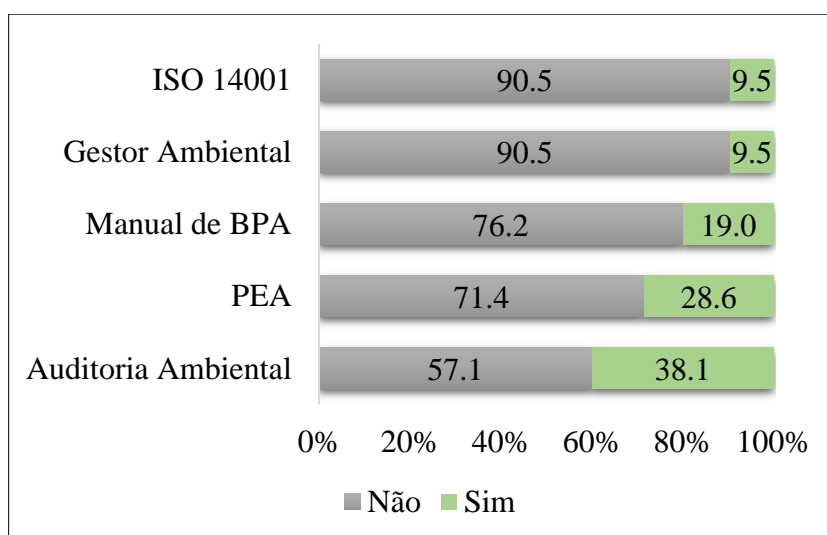


Figura 16 – Percentagem de empresas que possuem ISO 14001 e outros parâmetros avaliados.

No que respeita ao desenvolvimento de auditorias ambientais, verificou-se que 38,1% das empresas já realizaram algum tipo de auditoria ambiental e 57,1% nunca passaram por esse processo, na maioria dos casos, por não haver finalidade e nem interesse em realizar o serviço. Auditoria ambiental é um procedimento importante nas organizações, pois permite avaliar o desempenho ambiental das organizações, para desta forma ser possível delinear estratégias ambientais e com a melhoria do desempenho da organização. Algumas auditorias permitem ainda verificar o grau de conformidade com a legislação vigente.

Para Camila & Pinheiro (2010), embora seja uma sugestão explícita da ISO 14001, vale destacar, que a demonstração do comprometimento da alta direção por meio da sua participação

ativa nas decisões e eventos relacionados ao SGA facilita a integração das áreas da empresa e permite a disseminação da responsabilidade ambiental entre fornecedores, prestadores de serviços e clientes. É necessário ressaltar que a realização de auditorias ambientais conjuntas para as empresas do PI é uma alternativa inteligente para reduzir custos e beneficiar um todo.

4.3.2 Gestão da água

Visto que a água é um dos recursos mais importantes para a vida humana, devendo ser economizada e reutilizada, na avaliação deste indicador foi verificado que somente 9,5% das empresas tinham mecanismos de reutilização de água (Figura 17). O reuso vem se tornando uma das principais fontes de água, tendo por base o cenário que se vive atualmente. Os métodos mais comuns são a reutilização de águas cinzentas e de água da chuva.

Um dos benefícios mais importantes é a diminuição dos impactos da eutrofização, devido ao uso de efluentes de águas residuárias e fertilizantes evitados. Além disso, em comparação com a gestão hídrica convencional, o reaproveitamento de água tem sido associado a reduções nas emissões de GEE. Tem-se observado menor quantidade de produtos químicos para o tratamento da água reutilizada, refletindo em menos tóxicos liberados para o ecossistema aquático (Santana et al., 2019; Sharma et al., 2009; Hasik et al., 2016).

Em contrapartida de acordo com a Figura 17, um maior percentual dessas empresas possuía medidas para minimizar o consumo da água (38%), indicando que mesmo que não existissem métodos para o reuso, os empresários se mostraram conscientes no contexto consumo de água. Na maioria dos casos, foi verificado que as empresas dispuseram de mecanismos como: torneiras e descargas inteligentes, substituição da mangueira pela vassoura no momento de limpeza, máquinas para lavar económicas, ponteiros que controlam a pressão da água fixadas nas mangueiras e algumas empresas que usufruíam da água para seu processo industrial ocasionalmente reutilizavam essa água para outras funções.

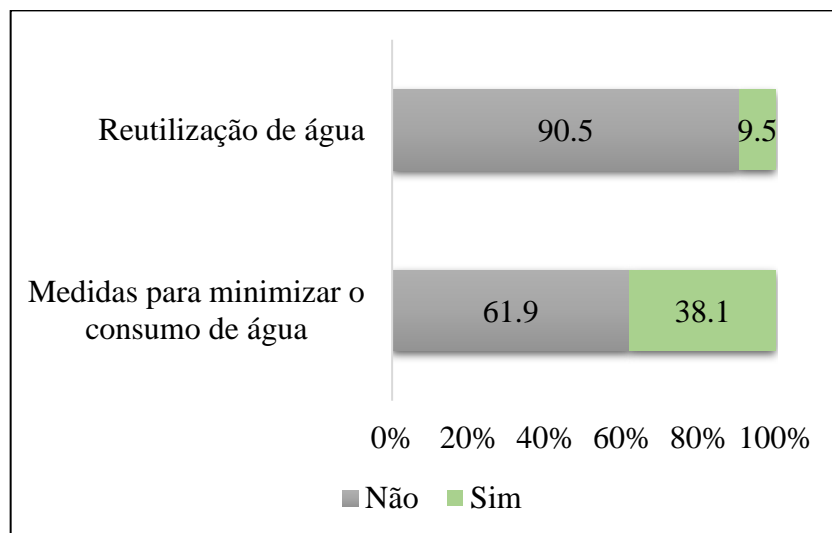


Figura 17 – Percentagem de empresas que reutilizam água e possuem medidas para minimizar seu consumo.

4.3.3 Fontes renováveis e eficiência energética

De acordo com a Figura 18, os resultados demonstram que 28,6% das empresas do PI utilizam algum tipo de fonte renovável para seu consumo e que 71,4% não dispõem de nenhuma fonte renovável, utilizando energia da rede elétrica.

O desenvolvimento de fontes de energia renováveis é importante para a economia, pois porque além de serem responsáveis pela segurança energética, permitem uma diminuição na demanda por combustíveis fósseis. Constata-se que emissões de GEE serão reduzidas em cerca de um décimo em comparação com 2005 (Bórawski et al., 2019).

Na análise *in loco* verificou-se que a maioria das fontes renováveis adotadas pelas empresas foram as oriundas de energia solar, contendo painéis fotovoltaicos implantados. Fontes renováveis provenientes de biomassa, como lenha e outros tipos de biomassa (confidencialidade a empresa), foram igualmente mencionadas. Estas fontes quando da queima, apresentam um balanço de carbono que poderá ser considerado neutro e emitem menores quantidades de Dióxido de Carbono (CO₂) à atmosfera, além de contribuir para menores efeitos de corrosão nas caldeiras utilizadas no processo industrial.

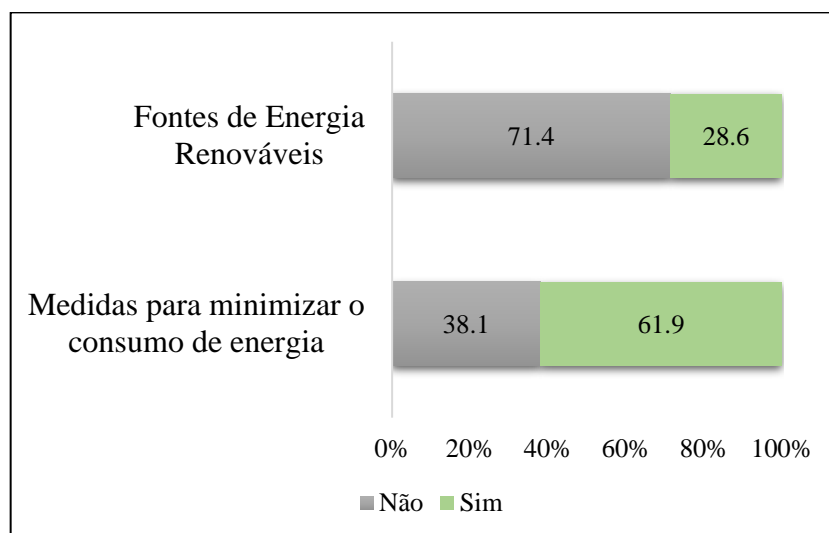


Figura 18 – Percentagem de empresas que possuem fontes renováveis e contêm medidas para minimizar o consumo de energia.

Num segundo parâmetro analisado, “medidas para minimizar o consumo de energia”, verificou-se que 61,9% das empresas dispunham dessas medidas e 38,1% não dispunham das mesmas (Figura 18).

Das empresas que dispunham de algum mecanismo para minimizar o consumo de energia, no momento da auditoria, identificam-se ações como: substituição de lâmpadas incandescentes por lâmpadas fluorescentes compactas; substituição de lâmpadas fluorescentes tubulares T8 por T5; utilização de iluminação LED e utilização de balastos eletrônicos.

Medidas de consciência ambiental também foram citadas, como o simples ato de desligar a luz quando não necessário e dar prioridade à iluminação natural.

Num estudo de *benchmarking* para um diagnóstico energético, de sectores distintos, realizado por Ferreira et al. (2014), sugere propostas de intervenção e melhorias para as empresas, como a substituição de fontes energéticas e dos sistemas de iluminação; implementação de um Sistema de Gestão de Energia e instalação de um Sistema Solar Fotovoltaico.

4.3.4 Pré-tratamento de água e efluentes

Na abordagem deste indicador, foram examinados empreendimentos considerados potencialmente poluidores, ou seja, não foram analisados os que apenas geravam efluentes sanitários, e sim as empresas que continham descargas provenientes do processo industrial.

Dado o exposto, a Figura 19 exhibe que 42,9% do total das empresas participantes possuíam algum tipo de pré-tratamento para as descargas das águas do seu processo industrial, 14,3% não continham nenhum tipo de pré-tratamento para as descargas e 42,9% não geravam nenhum tipo de efluentes a não ser o sanitário.

Das empresas que realizavam o pré-tratamento, o método mais comum era o de tanques de decantação, cuja funcionalidade era separar, por meio da gravidade, os sólidos sedimentáveis que estavam contidos na água do processo, sendo estes sedimentados no fundo do tanque de decantação, onde acabam sendo removidos como lodo, enquanto o efluente, livre dos sólidos, decanta pelo vertedouro.

Pesquisas têm demonstrado bons resultados da aplicação de sistemas combinados para tratamento de águas residuais industriais, como a associação de coagulação, floculação e decantação como pré-tratamento, com intuito de remover a maioria das partículas suspensas, seguido por uma segunda etapa abrangendo a aplicação de processos avançados de oxidação para degradar os compostos orgânicos (Papaphilippou et al.; Kılıç et al., 2013).

Neste indicador, também foi analisada a percentagem de empresas que realizavam análise da água, sendo por processo interno ou por laboratório externo. A Figura 19 indica que 52,4% das empresas realizam análise da água e 47,6% não executam nenhum tipo de análise. É previsto que todas as indústrias realizem análise de potabilidade água de consumo humano, para verificar se o método de abastecimento ou a água fornecida pela companhia de abastecimento está dentro dos padrões estipulados pelo Decreto-Lei nº 306/2007, de 27 de Agosto, para o consumo humano. Assim como análise para águas residuais, afim de averiguar se as mesmas serão retornadas para os corpos hídricos após o devido tratamento de acordo com o Decreto-Lei nº 236/1998, de 01 de Agosto.

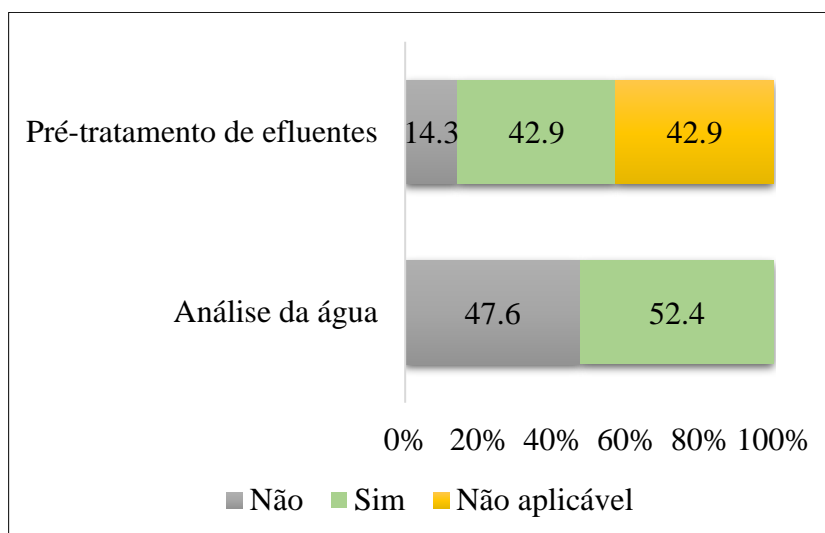


Figura 19 – Percentagem de empresas que possuem pré-tratamento de efluentes e análise da água.

As análises são importantes para garantir a qualidade da água que os clientes, assim como os colaboradores consomem. A água na indústria de alimentos é fundamental, devido às várias funções que desempenha, devendo apresentar dois requisitos importantes qualidade e quantidade. Assim, o controle da água em seus aspectos químicos, físicos e microbiológicos é fundamental para racionalizar seu uso nas indústrias alimentícias, até porque a água pode ser usada como veículo na incorporação de ingredientes a fórmulas, ou como agente de sanitização e limpeza.

4.3.5 Gestão de resíduos sólidos

De entre as empresas do PI de Mirandela, foi quantificado que 90,5% contem recolha seletiva de resíduos e somente 9,5% não a possuem (Figura 20). O fato exposto, indica a boa consciência dos empresários, visto que, quase todas as empresas possuem sistema de recolha, contribuindo para que os resíduos retornem para o ciclo que pertence, aumentando seu tempo de vida útil, não sendo destinado para aterros sanitários. Para todas essas abordagens, a recolha seletiva é a primeira etapa da gestão de resíduos sólidos, se não for efetuada corretamente, a sustentabilidade ambiental da cidade é prejudicada (Phillips & Mondal, 2014).

Foi verificado que as empresas que não possuíam sistema de recolha, dispunham os resíduos gerados em contentores comuns que eram dispersos pelo PI, provocando desperdício, pois deixa-se de reutilizar ou reciclar materiais como vidro, papel, papelão, metais e plásticos que podem dinamizar um mercado gerador de trabalho e por outro lado, com um significativo gasto para enterrar esses resíduos.

Algumas empresas foram definidas como “não aplicável”, para o parâmetro de recuperação de resíduos orgânicos, devido principalmente ao seu ramo e por não possuírem refeitório, além de conter horário de almoço, estimulando os funcionários a realizar as refeições em suas casas e não no interior da empresa, conseqüentemente não gerando resíduo orgânico na organização.

Dentre as empresas geradoras de resíduos orgânicos, foi constatado que 28% realizavam algum tipo de valorização, indicando que todas efetuavam esse processo, já que um total de 71,4% não eram aplicável (Figura 20). Na visita *in loco*, foi comprovado através de documentos, que as empresas geradoras de resíduos orgânicos dispunham de uma companhia certificada para tratar e transportar esses resíduos e subprodutos oriundos dos mesmos.

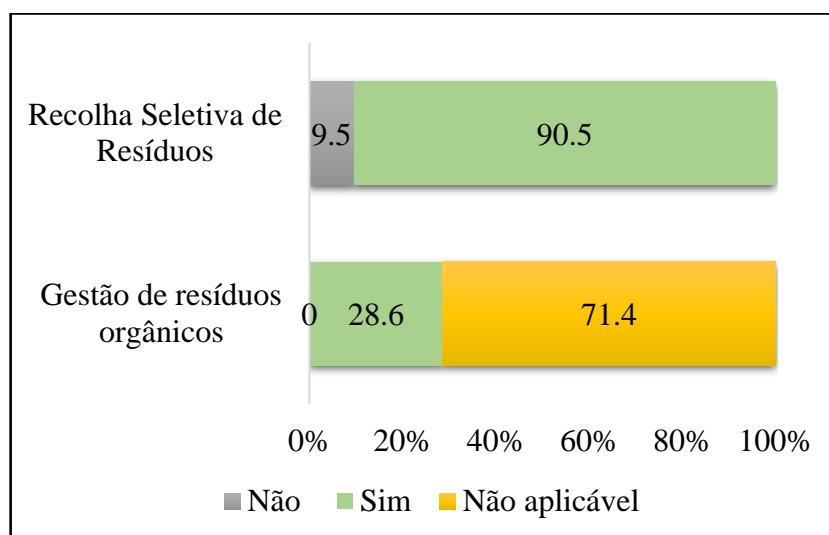


Figura 20 – Percentagem de empresas com coleta seletiva e recuperação de resíduos orgânicos.

4.3.6 Monitorização ambiental

A monitorização ambiental é um fator crucial para sucesso dos PIs no contexto de um parque industrial ecológico. Os resultados da Figura 21, exibem que 57% das empresas possuem algum mecanismo para monitorização ambiental e 43% demonstraram o inverso. Das empresas que continuam monitorização, foi verificado que as mesmas possuíam sistemas como medições de ruído, medições de emissões gasosas, realização de análises de água, acompanhamento da condição do solo e até mesmo a realização de auditorias ambientais. Esses parâmetros de monitorização são efetuados a fim de verificar se os valores obtidos estão

conforme com a limiar disposta pela legislação pertinente. Em certos casos, algumas companhias não realizavam nenhum dos exemplos citados anteriormente.

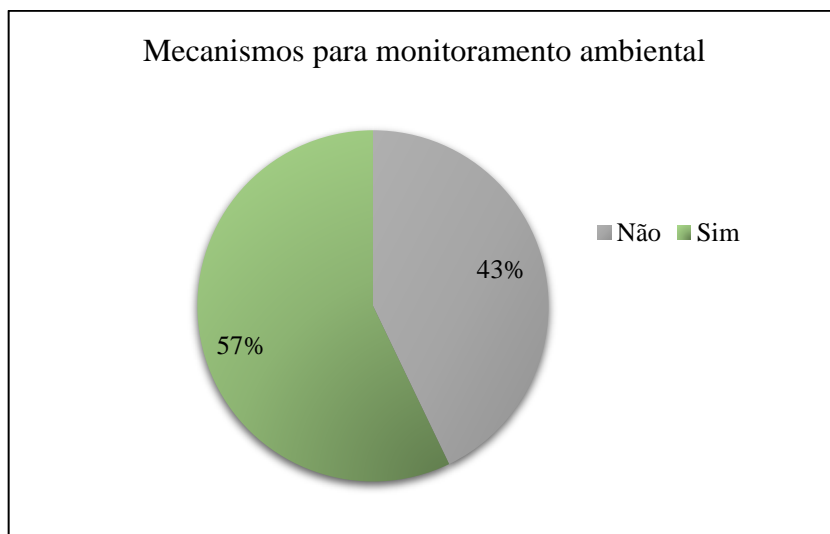


Figura 21 - Percentagem de empresas que possuem monitorização ambiental.

4.3.7 Gestão de emissões atmosféricas

No desenvolvimento deste indicador, foram analisadas apenas empresas que são consideradas potencialmente poluidoras, ou seja, as empresas que continham algum foco de poluição direta à atmosfera, como empresas com chaminés, ou outras fontes de emissão que não fossem difusas.

De acordo com Pei & Ji (2018) existem três métodos básicos para controlar a poluição do ar interior: controle de fontes, ventilação e limpeza do ar. Em unidades de distribuição de ar, os filtros fibrosos são frequentemente usados para de filtragem de partículas. Isto é especialmente importante para evitar a poluição perigosa ao ar livre que afeta a qualidade do ar interior.

Das empresas que possuíam algum foco de emissão atmosférica, foi registado que 23% realizavam medições para verificar se as concentrações dos poluentes emitidos estavam de acordo com o máximo estabelecido pela legislação pertinente. Já 14,3% dessas empresas não realizavam nenhum tipo de medição (Figura 22), o que, dependendo da concentração emitida pode ser prejudicial não só para o ambiente, como também a saúde das pessoas do local.

Os resultados da Figura 22 demonstram que 50% das empresas que contem algum foco de emissão atmosférica possuem medidas para minimizar os GEE. Verificou-se que estas empresas utilizavam produtos que eram menos nocivos para o ambiente no momento do processo industrial, como por exemplo, o uso de variedades de biomassa menos poluentes nas

caldeiras e sistemas de ventilação e filtragem em cabines de pintura. Em contrapartida, os outros 50% das empresas não dispunham de nenhum mecanismo para minimizar essas emissões.

Foi constatado ainda, que 75% das empresas que emitiam gases dispunham de algum sistema de tratamento, que na maioria dos casos eram filtros de manga ou filtros de carvão ativado contra a poluição do ar.

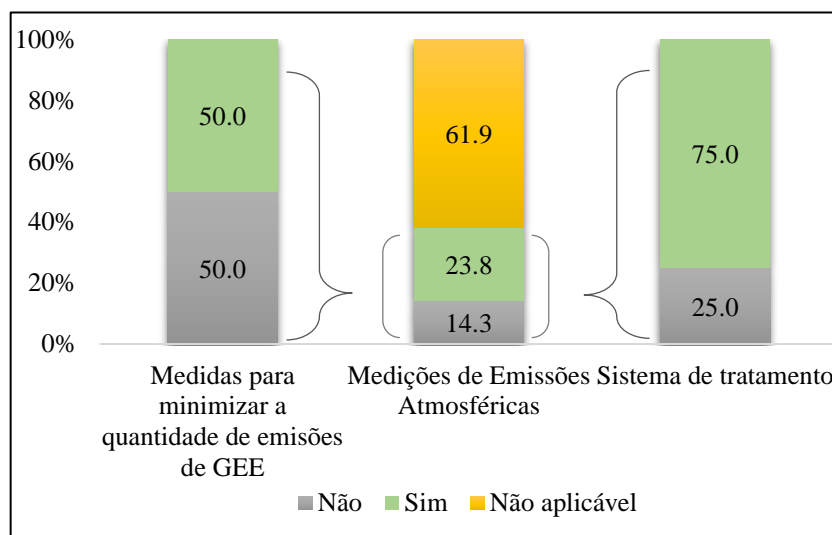


Figura 22 – Percentagem de empresas que possuem algum tratamento gasoso e medidas para minimizar a quantidade de emissões de GEE.

4.4 ANÁLISE DE *BENCHMARKING*

O desempenho ambiental das organizações com maior competitividade no mercado se desenvolve de acordo com mudanças tecnológicas e gerenciais. Daí a importância da adoção de um estudo de benchmarking ambiental para a melhoria contínua das boas práticas ambientais encontradas nos SGA das Empresas.

Através do *benchmarking* ambiental pode-se fazer a comparação de indicadores chaves, em que, o principal objetivo desta análise consistiu no aprimoramento e melhoria contínua da gestão ambiental empresarial (Lavorato, 2003), além de verificar o desempenho de critérios ambientais de várias empresas de mesma atividade ou de diferentes sectores de atividades. A pesquisa permitiu identificar os fatores que influenciam o desempenho ambiental das empresas, por comparação com outras que atuam no mesmo ou noutros PI.

O Quadro 9 demonstra a relação entre os critérios estabelecidos e as empresas, no qual, as empresas que contem critérios associados indicam que obedecem aquele fator dentro de sua organização. Dessa forma, foi possível verificar de acordo com o quadro a baixo, o critério mais exercido nas empresas, foi da esfera de resíduos, no qual grande parte das empresas realizavam

correta segregação e armazenamento dos resíduos. Já critérios como, EMAS (*Eco-Management and Audit Scheme*) existente na empresa, cogeração de energia, medidas para minimizar a poluição sonora e infraestrutura em comum, não são cumpridos por nenhuma organização.

A correlação tau-b de Kendall foi executada para determinar a relação entre o cumprimento dos critérios ambientais das 21 empresas. A análise estatística pela aplicação do coeficiente de Kendall's tau_b permite constatar que muitas das relações critério-empresa não foram correlacionáveis estatisticamente. Em contrapartida, ocorreu correlação positiva nos em parâmetros relacionados com a aplicação de sistema gestão ambiental (SGA), como por exemplo, todas as empresas que possuíam um SGA certificado pela ISO 14001, faziam a reutilização de água; todas as empresas que possuíam gestor ambiental, aplicavam também a ISO 14001 e todas as entidades com gestor ambiental possuíam mecanismos de reutilização de água. Essas análises obtiveram uma correlação muito forte estatisticamente ($\tau_b = 1,000$, $p < 0,01$).

De igual modo, foi identificada uma forte correlação positiva entre as empresas que possuem mecanismos genéricos de monitorização ambiental e empresas que realizam medições de ruído; assim como empresas que dispõem de medidas para minimizar o consumo de água e empresas que possuem espaço verde, o que foi estatisticamente significativo ($\tau_b = 0,633$ e $0,708$ respectivamente, $p < 0,01$). Nas relações entre as empresas que possuem PEA e medidas para minimizar o consumo de água, assim como as empresas que contém fontes de energia renovável e pré-tratamento de efluentes, ambas obtiveram uma correlação estatisticamente moderada, apresentando o mesmo coeficiente de correlação $\tau_b = 0,589$ com um nível de significância $p < 0,01$.

E por fim, ocorreram correlações moderadas positivas entre empresas que possuem: PEA e também EV no lote; empresas que contém fontes de energia renovável e dispõe de um plano para partilhar as viaturas; empresas com pré-tratamento de efluentes, assim como análise da água; e empresas que possuem segregação de resíduos sólidos, bem como o armazenamento adequado dos resíduos, sendo apresentado os coeficientes de correlação respectivamente: $\tau_b = 0,517$; $0,499$; $0,552$ e $0,459$, $p < 0,05$.

Quadro 9 – Estudo de *Benchmarking* realizado utilizando critérios ambientais base.

Critérios	Empresas																				
ISO 14001																					
Plano emergência ambiental																					
Manual de boas práticas ambientais																					
EMAS																					
Gestor ambiental																					
Mecanismos de monitoramento ambiental																					
Reutilização de água																					
Medidas para minimizar o consumo de água																					
Cogeração																					
Fontes de energia renovável																					
Medidas para minimizar o consumo de energia																					
Pré-tratamento de efluentes																					
Análise da água																					
Espaço verde																					
Medições de ruído																					
Medida para minimizar a poluição sonora																					
Segregação de resíduos sólidos																					
Armazenamento adequado de resíduos																					
Infraestrutura em comum																					
Planos para partilhar as viaturas																					
Interação com outra empresa do PI																					
SOMA	13	12	11	10	10	10	9	8	8	8	6	6	5	5	4	4	4	4	3	3	1

A empresa que mais obedeceu os critérios contou com uma pontuação de 13 pontos de um total de 21 critérios. No outro extremo, diversas empresas cumprem poucos critérios, com quatro, três e até apenas um critério obedecido.

As organizações empresariais devem assumir a liderança quando se diz em fornecer suas próprias soluções para os problemas ambientais. É responsabilidade social das empresas tomar medidas não só para verificar todos os tipos de poluição, mas também para proteger os recursos naturais.

De acordo com Friend (2009), empresas verdes são organizações sustentáveis que se preocupam com a manutenção dos recursos naturais e fazem sua parte nesse processo. Essas organizações vêm se destacando por possuírem vantagens no mercado por gerarem lucro e na mesma dimensão colaborarem para a preservação ambiental da área em que atuam ou em proporções mais distantes.

Para empresas que não seguem tantos critérios, mas querem adotar uma nova postura, é recomendado a contratação de consultoria ambiental, no qual, para usufruir das vantagens de ser uma empresa sustentável, a instituição deve almejar ações que serão capazes de gerir os riscos ambientais e garantir o cumprimento das leis necessárias. Independente do setor em que a empresa atua, ela deve ser capaz de assimilar o planejamento e o desenvolvimento dos negócios a estratégias ambientais. A minimização do uso de energia elétrica e água, a redução da emissão atmosféricas e de resíduos são alguns dos exemplos em que uma consultoria pode auxiliar as empresas.

4.4.1 Interação entre as empresas dentro do PI

Como já dito na revisão bibliográfica deste trabalho, a realização de cooperação e simbiose industrial é um fator muito importante para sucesso de um parque industrial ecológico, no qual a interação mutualística em formas de trocas de subprodutos, água, energia faz com que o PI seja capaz de reduzir o material industrial e perda de energia, estimulando o PI economia circular e contribuindo para o aumento do desempenho econômico dos negócios (Verguts et al., 2016). Para Baldassarre et al. (2019), a realização de interações empresariais tem como intuito promover o desenvolvimento sustentável, impulsionando a economia da região, usando resíduos como um recurso, reduzindo a pegada da empresa industrial no ambiente local, criando empregos e melhorando a qualidade de vida na área. O objetivo da empresa é obter uma

vantagem competitiva ao gerir melhor os fluxos de resíduos e calor, melhorando seu desempenho ambiental e reduzindo o seu impacto.

A Figura 23 representa um gráfico de vetores, no qual demonstra a interação entre as empresas dentro do PI. As interações indicam uma forma de relação, seja ela a prestações de serviços, compra, venda, projetos em comum, infraestruturas partilhadas ou qualquer tipo de colaboração. Cada círculo preenchido representa uma empresa e cada linha entre os círculos significa um tipo de interação entre as empresas que estão associadas, ou seja, a quantidade de linhas que sai do círculo significa o número de interações que ela realiza com outras empresas. O círculo pontilhado delimita a amostra que foi estudada, dessa forma as empresas que estão fora do pontilhado fazem parte do PI e realizam interações, porém não fizeram parte do presente estudo (Figura 23).

Os círculos maiores coloridos representam as empresas que mais realizam interações dentro do PI, contendo até nove interações com empresas distintas, enquanto foi verificado que quatro empresas não realizam nenhum tipo de interação.

Constatou-se que a interação mais usual entre empresas é a prestação de serviços, em que a empresa contrata um serviço de outra, seja ela para reparação, implantação, construção ou transporte de algum produto.

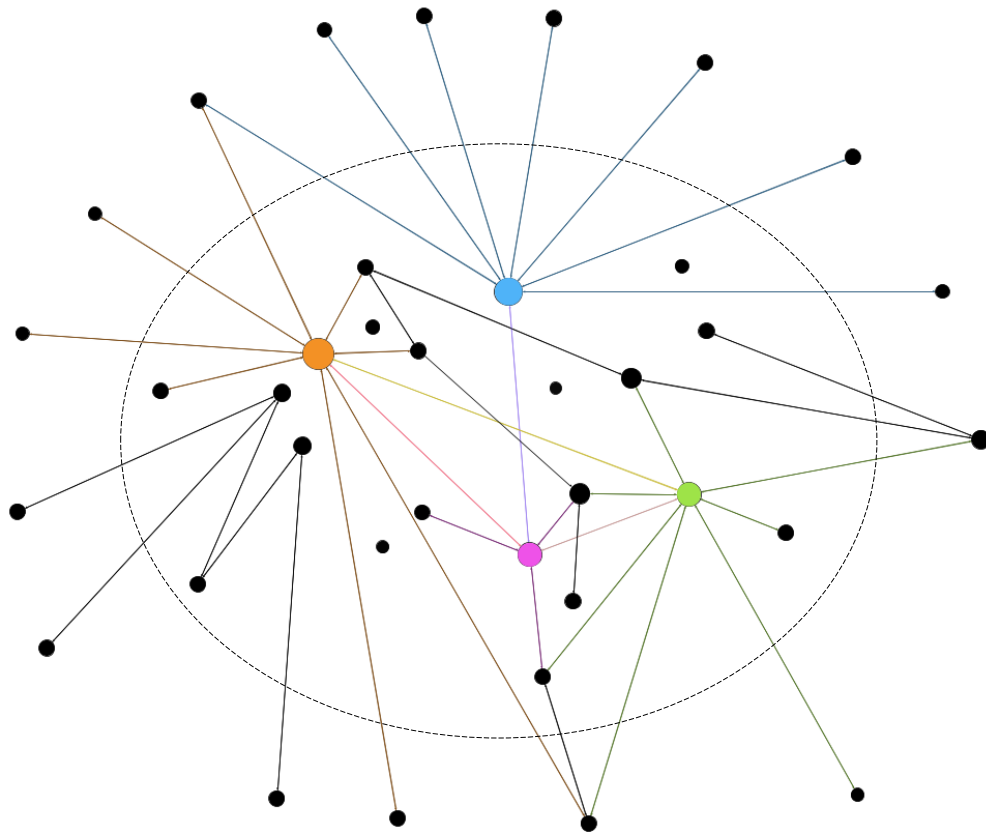


Figura 23 - Relação das interações entre as empresas dentro do PI de Mirandela, Portugal.

4.5 SÍNTESE DE PROPOSTAS DE INTERVENÇÃO

Diante das características colocadas em evidência pelos indicadores e pela análise de benchmarking para O PI de Mirandela, algumas estratégias de intervenção foram propostas abaixo:

- ***Traffic Calming* e reparação das ruas do PI**

A velocidade está significativamente ligada com o ruído em relação ao tráfego. Dessa forma, a distribuição de medidas de *Traffic Calming*, pelo PI pode ser uma forma de gerar menos poluição sonora. Além de que, as condições atuais das vias do PI estão em péssimo estado, sua reparação seria uma forma para que as viaturas não tivessem tanto impacto com as ruas esburacas durante o deslocamento, podendo contribuir com menor ruído emitido para os recetores. O planeamento e a gestão do uso do solo são indispensáveis, sendo que o método de controlo de ruído mais utilizado é o aumento da distância entre as fontes sonoras e a área a

proteger. Por exemplo, em geral, a duplicação da distância face à fonte gera uma atenuação do nível sonoro de 3-5 dB. Outra possibilidade é a diminuição da velocidade permitida, já que o ruído proveniente da interação pneu/estrada está diretamente relacionado com a velocidade, aumentando aproximadamente 12 dB com o duplicar da mesma.

- **Espaços verdes equipados**

Tendo em conta as limitações encontradas, é recomendado a implantação de espaços verdes públicos equipados. O PI dispõe apenas de pequenos espaços públicos de auxílio ao trânsito e o estabelecimento de EV maiores equipados colaborariam para o bem-estar físico e psicológico da comunidade local. Os EV devem ocupar um lugar central, atendendo às necessidades de proximidade. Pode ser elaborado um plano de manejo para os espaços verdes industriais nos lotes empresariais que não estão propícios para uso, tornando-os conservado para uso coletivo das populações.

- **Pontos de paragem de TPU**

Como existem apenas dois pontos de paragem de TPU no PI, seria interessante a inserção de pelo menos mais quatro pontos em outros extremos da zona, colaborando para o fácil acesso de trabalhadores que estejam situados em lugares mais distantes dos pontos de paragem inicial.

- **Ecopontos**

A distribuição de Ecopontos pelo PI facilitará a gestão de resíduos recicláveis para os empresários, já que no PI existe apenas um Ecocentro, implicando na deslocação dos empresários para transportar os resíduos, além de ser muitas vezes encontrado fechado em horário de funcionamento. Foi constatado que muitos resíduos recicláveis foram descartados inadequadamente em contentores comuns pois os mesmos se localizavam em frente as empresas. Dessa forma, as disposições de Ecopontos juntamente com a presença de contentores comuns criariam condições propicias para o correto descarte e segregação dos resíduos recicláveis. Recomenda-se que cada Ecoponto ofereça disponibilidade para abranger um raio de 150 metros das populações.

- **Gestor ambiental para o PI**

A contratação de um gestor ambiental para todo o PI, com prestação de serviço a todas empresas e no contexto espacial do parque, é uma medida, que além de reduzir custos, colaboraria de uma forma geral para a melhoria da qualidade ambiental no PI. O gestor daria

assistência em questões de certificação, monitorização ambiental, gestão de água, energia e resíduos do PI, de uma forma que todos saiam beneficiados e estejam em conformidade com a legislação vigente.

- **Parque solar Fotovoltaico**

A criação de um parque fotovoltaico de médio porte no PI para uso comum, em parceria com a Câmara Municipal de Mirandela. Seria uma fonte de energia renovável e que daria suporte ao PI, os empresários economizariam energia advinda da rede elétrica já que, uma proporção maior seria proveniente do parque solar, contribuindo economicamente e ambientalmente para o PI.

- **Tratamento de efluentes**

A construção de uma ETARI – Estação de tratamento de águas residuais industriais. Essa unidade de tratamento seria implantada no PI para que as águas residuais e do processo industrial possam ser tratadas antes de serem descarregadas no meio hídrico. Em alternativa, poder-se-á optar por unidades de pré-tratamento comuns, continuando as descargas no coletor local de águas residuais, rentabilizando dessa forma recursos e equipamentos. Recomenda-se ainda a elaboração de um mecanismo para valorização de águas cinzentas para uso comum do PI.

- **Cooperação Industrial**

A cooperação industrial é um fator que colabora para a economia circular, dessa forma, o estímulo de interações entre as empresas é muito importante e benéfico para o PI em geral. A realização de cursos e workshop que estimule e passe conceitos importantes de simbiose industrial devem ser realizados pelo menos semestralmente. Os empresários devem ser motivados a realizar trocas e projetos em comum. Todos os outputs de uma empresa (descartes como água, resíduos, energia) pode potencialmente ser aproveitados por outras empresas como inputs, sendo tudo reaproveitado, realizando trocas mutualísticas. Assim como, as interações de prestação de serviços, compra e venda entre as empresas do PI. É recomendado que o parque disponha de infraestruturas e mecanismos de logística em comum como armazéns para depósito, empilhadeiras, etc.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo buscou alcançar uma análise das componentes ambientais do parque industrial de Mirandela, com intuito de estimular melhorias rumo a um PIE. Genericamente, estes objetivos foram cumpridos, pois a utilização de indicadores e da ferramenta de benchmarking nesta pesquisa permitiu a obtenção de resultados concretos, que podem ser facilmente interpretados e comunicados. Neste contexto, é necessário ressaltar que a realização de auditorias ambientais foi essencial para obtenção e interpretação dados necessários para a elaboração deste trabalho.

Em relação aos indicadores no contexto espacial do PI, verificou-se que para a análise de ruído, obteve-se valores de Lden e Ln, acima do estipulado pelo RGR. Foi constatado que uma das principais fontes de poluição sonora da região é o tráfego de ligeiros e pesados que foi contabilizado durante a vista in loco. Na abordagem do indicador de áreas verdes, verificou-se que apenas 10% do total da extensão territorial do PI é considerada EV, sendo que, na generalidade, são EV industriais e expectantes, que na maior parte dos casos não possuem condições para uso.

O indicador de TPU, indicou que a distância encontrada entre as paragens dos transportes era maior do que o recomendado pela literatura, visto que, existiam apenas duas paragens e duas linhas de autocarro que davam acesso ao PI. No cálculo da distância média entre contentores comuns, foi verificada uma distância média maior do que as estabelecidas por autores referencia.

No tratamento dos dados dos indicadores do contexto empresarial, verificou-se a percentagem de empresas que possuíam ISO 14001 era de apenas 9,5%, indicando um baixo compromisso por parte dos empresários para com os processos de gestão ambiental. Em relação as empresas que reutilizavam água, verificou-se 90,5% das empresas não dispunham de nenhum método para reutilização de água. Na análise para as empresas que possuíam fontes renováveis, verificou-se que 28,6% das empresas continham algum tipo de produção local, incluindo painéis fotovoltaicos ou queima de biomassa. O indicador de percentagem de empresas com pré-tratamento demonstrou que 42,9% realizavam algum pré-tratamento, no qual, na maioria dos casos era a presença de tanques de decantação. Evidenciou-se que 90,5% dos empreendimentos realizavam recolha seletiva de resíduos sólidos em suas empresas e um total de 28,6% recuperavam o resíduo orgânico, indicando que todas empresas realizavam esse processo Na análise do indicador de medições atmosféricas, foi possível apurar que 28% das empresas

realizam medições de emissões atmosféricas provenientes de seu processo industrial, sendo necessário evidenciar que para 61,9% das empresas o indicador não era aplicável.

Através do estudo de *benchmarking*, foi possível concluir que as empresas que mais obedeciam os critérios ambientais eram justamente as que estavam mais envolvidas no processo de gestão ambiental, corroborando o que foi visto no processo de auditorias ambientais. As empresas, em geral, demonstraram interação com as outras organizações dentro do PI, indicando que o PI está indo rumo a estratégias de simbiose industrial, no qual há benefícios tanto ambientalmente como economicamente.

Ao longo do desenvolvimento desta pesquisa, algumas limitações foram surgindo, como o tempo reduzido para realização das auditorias ambientais. Talvez auditorias mais duradouras possibilitariam uma recolha de dados mais ricos e completos.

O presente estudo colabora para o reconhecimento das práticas ambientais em parques industriais. Os resultados obtidos deverão contribuir para a melhoria da gestão do Parque Industrial de Mirandela, tendo como meta a obtenção de um parque industrial ecológico. Para estudos futuros considera-se a comparação das análises de variáveis de gestão do parque industrial de Mirandela com PI semelhantes. No âmbito do Projeto REHABIND essa comparação poderá passar pelo parque industrial de Zamora, em Espanha, no qual decorreu um estudo equivalente.

6 REFERÊNCIAS

- Afshari, H., Farel, R., & Peng, Q. (2018). Challenges of value creation in Eco-Industrial Parks (EIPs): A stakeholder perspective for optimizing energy exchanges. *Resources, Conservation and Recycling*, 139, 315–325. <https://doi.org/10.1016/J.RESCONREC.2018.09.002>
- Ahvenniemi, H., Huovila, A., Pinto-Seppä, I., & Airaksinen, M. (2017). What are the differences between sustainable and smart cities? *Cities*, 60, 234–245. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2016.09.009>
- Alfsen, K. H., & Sæbø, H. V. (1993). Environmental quality indicators: Background, principles and examples from Norway. *Environmental & Resource Economics*, 3(5), 415–435. <https://doi.org/10.1007/BF00310246>
- Alnouri, S. Y., Linke, P., & El-halwagi, M. (2014). Optimal Interplant Water Networks for Industrial Zones : Addressing Interconnectivity Options Through Pipeline Merging. *AIChE*, 60(8). <https://doi.org/10.1002/aic>
- Ângelo, L. B. (2005). Indicadores de Desempenho Logístico. *Grupo De Estudos Logísticos Universidade Federal De Santa Catarina*, 1–8. <https://doi.org/10.9790/1684-0261316>
- Austruy, A., Yung, L., Ambrosi, J. P., Girardclos, O., Keller, C., Angeletti, B., ... Chalot, M. (2019). Chemosphere Evaluation of historical atmospheric pollution in an industrial area by dendrochemical approaches. *Chemosphere*, 220, 116–126. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.12.072>
- Baldassarre, B., Schepers, M., Bocken, N., Cuppen, E., Korevaar, G., & Calabretta, G. (2019). Industrial Symbiosis : towards a design process for eco-industrial clusters by integrating Circular Economy and Industrial Ecology perspectives. *Journal of Cleaner Production*, 216, 446–460. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.01.091>
- Barton, H., Davis, G., & Guise, R. (1995). *Sustainable settlements: a guide for planners, designers and developers*. Local Government Management Board.
- Bellantuono, N., Carbonara, N., & Pontrandolfo, P. (2017). The organization of eco-industrial parks and their sustainable practices. *Journal of Cleaner Production*, 161, 362–375. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.05.082>
- Bhardwaj, U., Kumar, R., Kaur, S., Sahoo, S. K., Mandal, K., Battu, R. S., & Singh, B. (2012). Ecotoxicology and Environmental Safety Persistence of fipronil and its risk assessment on cabbage , Brassica oleracea. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 79, 301–308. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2012.01.016>
- Boix, M., Montastruc, L., Azzaro-Pantel, C., & Domenech, S. (2015). Optimization methods applied to the design of eco-industrial parks: a literature review. *Journal of Cleaner Production*, 87, 303–317. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2014.09.032>
- Bórawski, P., Beldycka-Bórawska, A., Szymanska, E. J., Jankowski, K. J., Dubis, B., & Dunn, J. W. (2019). Development of renewable energy sources market and biofuels in The European Union Piotr B o Jadwiga Szyma n. *Journal of Cleaner Production*, 228, 467–484. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.242>

- Botta, S., & Comoglio, C. (2013). Implementing Environmental Management Systems in a Cluster of Municipalities : A Case Study. *American Journal of Environmental Science*, 9(5), 410–423. <https://doi.org/10.3844/ajessp.2013.410.423>
- Brito, A. F. (2004). Conceptos relacionados con los espacios vacantes en la ciudad. *Revista Geocalli*, 5(1).
- Câmara Municipal de Mirandela. (2015). Transportes Urbanos. Retrieved from <https://www.cm-mirandela.pt/pages/703>. Acesso:Jun/2019
- Camila, O. J. de O., & Pinheiro, R. M. S. (2010). Implantação de sistemas de gestão ambiental ISO 14001 : uma contribuição da área de gestão de pessoas, 17, 51–61.
- Camp, R. C. (1995). *Business process benchmarking : finding and implementing best practices*.
- Carmo, A. T., & Prado, R. T. A. (1999). *Qualidade do Ar Interno*. São Paulo. Texto técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, TT/PCC/23)
- Caroli, M., Cavallo, M., & Valentino, A. (2015). *Eco-Industrial Parks. A Green and Place Marketing Approach*.
- CESVA. (2019). Medidor de nível de som e analisador de espectro. Retrieved from <https://www.cesva.com/en/products/sound-level-meters/sc420/>. Acesso: Mai/2019.
- Chen, C.-S., Yu, C.-C., & Hu, J.-S. (2018). Constructing performance measurement indicators to suggested corporate environmental responsibility framework. *Technological Forecasting and Social Change*, 135, 33–43. <https://doi.org/10.1016/J.TECHFORE.2017.05.033>
- Chertow, M. R. (2012). Industrial Symbiosis. *Encyclopedia of Energy*, 3, 407–415. <https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2012.00455.x>
- CIM-TTM. (2019). Comunidade Intermunicipal das Terras de Trás-os-Montes - Sede. Retrieved from <http://cim-ttm.pt/pages/493>. Acesso:Jun/2019.
- Clini, C. C., Musu, I., Gullino, M., Management, E., & Chertow, M. R. (2008). Industrial Ecology in a Developing, 1–19.
- CMG. (2011). Regulamento do Plano Diretor Municipal de Guimarães. Departamento de Projeto e Planeamento Urbanístico (DPPU), Câmara Municipal de Guimarães.
- Comissão Mundial Sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. (1991). *Nosso Futuro Comum* (Editora da). Rio de Janeiro. Retrieved from [https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4245128/mod_resource/content/3/Nosso Futuro Comum.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4245128/mod_resource/content/3/Nosso_Futuro_Comum.pdf). Acesso:Jun/2019
- Costa, A. H. P. da. (2008). Transportes públicos. Manual do Planeamento de acessibilidades e transportes.
- Côté, R., & Hall, J. (1995). Industrial parks as ecosystems. *Journal of Cleaner Production*, 3(1–2), 41–46. [https://doi.org/10.1016/0959-6526\(95\)00041-C](https://doi.org/10.1016/0959-6526(95)00041-C)

- COTEC. (2013). *Benchmarking*. Retrieved from http://barometro.cotecportugal.pt/docs/community/Carta_Praticar_Web.pdf. Acesso: Jun/2019.
- Decreto-Lei. (1998). n.º 236/98. Diário da República n.º 176/1998, Série I-A de 1998-08-01.
- Decreto-Lei. (2007a). n.º 306/2007. Diário da República n.º 164/2007, Série I de 2007-08-27.
- Decreto-Lei. n.º 9/2007 de 17 de Janeiro. Diário da República. Série I de 2007-01-17. Lisboa (2007).
- Dekker, H. C. (1992). University of Amsterdam Nijenrode, The Netherlands School of Business, *17*(5), 427–448.
- Delgado, M. C., & Botelho, I. da S. (2005). *Dimensionamento de vias dedicadas ao transporte público rodoviário de passageiros*.
- DGA. (2000). Proposta para um Sistema de Indicadores de Desenvolvimento Sustentável. *Lisboa: Direcção Geral Do Ambiente*.
- Donovan, G. H., Butry, D. T., Michael, Y. L., Prestemon, J. P., Liebhold, A. M., Gatzliolis, D., & Mao, M. Y. (2013). The Relationship Between Trees and Human Health. *AMEPRE*, *44*(2), 139–145. <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2012.09.066>
- Ferreira, J. de J., Laia, C., & Rebelo, M. (2014). *Plano de dinamização e disseminação de boas práticas eficiência energética no setor empresarial. Elaboração de Estudo de Benchmarking Sectorial*.
- Francis, C., & Erkman, S. (2001). *Environmental Management for Industrial Estates. Information and Training Resources*.
- Friend, G. (2009). *O segredo das empresas sustentáveis* (Edições Ce). Retrieved: <http://www.centroatl.pt/titulos/desafios/imagens/excerto-livro-ca-segredo-empresas-sustentaveis.pdf>. Acesso: Jun/2019.
- Fuller, R. A., & Gaston, K. J. (2009). The scaling of green space coverage in European cities. *Biology Letters*, *5*(February), 352–355. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2009.0010>
- Gascon, M., Triguero-mas, M., Martínez, D., Dadvand, P., Rojas-Rueda, D., Plasència, A., & Nieuwenhuijsen, M. J. (2016). Residential green spaces and mortality : A systematic review. *Environment International*, *86*, 60–67. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2015.10.013>
- Geng, Y., & Zhao Hengxin. (2009). Industrial park management in the Chinese environment. *Journal of Cleaner Production*, *21*(2), 04016023. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2009.03.009>
- Gibbs, D., & Deutz, P. (2007). Reflections on implementing industrial ecology through eco-industrial park development. *Journal of Cleaner Production*, *15*(17), 1683–1695. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2007.02.003>
- GIZ - Deutsche Gesellschaft Für Internationale Zusammenarbeit gmbh (2017). *Planejamento de Parques Industriais Sustentáveis*.

- Granziera, M. L. M. (2009). *Direito Ambiental* (Atlas). São Paulo.
- Hasik, V., Anderson, N. E., Collinge, W. O., Thiel, C. L., Wirick, J., Piacentini, R. V., ... Bilec, M. M. (2016). tradeoffs of water reuse systems for net-zero buildings Evaluating the life cycle environmental benefits and tradeoffs of water reuse systems for net-zero buildings . *Environ. Sci. Technol.* <https://doi.org/10.1021/acs.est.6b03879>
- Heink, U., & Kowarik, I. (2010). What are indicators? On the definition of indicators in ecology and environmental planning. *Ecological Indicators*, *10*(3), 584–593. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2009.09.009>
- Heras-saizarbitoria, I., Dogui, K., & Boiral, O. (2013). Shedding light on ISO 14001 certification audits, *51*, 88–98. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.01.040>
- IMA. (1995). *Statements on Management Accounting, Business Performance management. Effective Benchmarking.*
- INE. (2011). Censos. Retrieved from http://censos.ine.pt/xportal/xmain?xpgid=censos2011_apresentacao&xpid=CENSOS. Acesso: Jun/2019
- International Standard Organization. (2014). ISO 37120 Sustainable development of communities — Indicators for city services and quality of life, *37120*, 14. <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2005.06.056>
- Islam, K. M. N., & Jashimuddin, M. (2017). Reliability and economic analysis of moving towards wastes to energy recovery based waste less sustainable society in Bangladesh : The case of commercial capital city Chittagong. *Sustainable Cities and Society*, *29*, 118–129. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2016.11.011>
- Jacobsen, N. B. (2006). Industrial Symbiosis in Kalundborg , Denmark. *Journal of Industrial Ecology*, *10*(1).
- Kirchherr, J., Piscicelli, L., Bour, R., Kostense-Smit, E., Muller, J., Huibrechtse-Truijens, A., & Hekkert, M. (2018). Barriers to the Circular Economy: Evidence From the European Union (EU). *Ecological Economics*, *150*, 264–272. <https://doi.org/10.1016/J.ECOLECON.2018.04.028>
- Kılıç, M. Y., Yonar, T., & Kestioglu, K. (2013). Pilot-scale treatment of olive oil mill wastewater by physicochemical and advanced oxidation processes. *Environmental Technology*, *3330*. <https://doi.org/10.1080/09593330.2012.758663>
- Lambert, A. J. D., & Boons, F. A. (2002). Eco-industrial parks: stimulating sustainable development in mixed industrial parks. *Technovation*, *22*, 471–484. [https://doi.org/10.1016/S0166-4972\(01\)00040-2](https://doi.org/10.1016/S0166-4972(01)00040-2)
- Lavorato, M. L. de A. (2003). The advantages of the benchmarking. *Revista Produção*, *4*. <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v4i2.307>
- Lella, J., Ravibabu, V., & Zhu, X. (2017). Solid waste collection / transport optimization and vegetation land cover estimation using Geographic Information System (GIS): A case study of a proposed smart-city. *Sustainable Cities and Society*, *35*(August), 336–349.

<https://doi.org/10.1016/j.scs.2017.08.023>

- Liu, Z., Adams, M., Cote, R. P., Geng, Y., & Li, Y. (2018). Comparative study on the pathways of industrial parks towards sustainable development between China and Canada. *Resources, Conservation and Recycling*, 128, 417–425. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2016.06.012>
- Lopes, C. (2013). Trabalho de Projeto Mestrado em Cidadania Ambiental e Participação 2013.
- Lowe, E. A., Moran, S. R., & Holmes, D. B. (1995). A Fieldbook for the Development of Eco-Industrial Parks, (October), 1–344. Retrieved from <http://infohouse.p2ric.org/ref/10/09932.pdf>. Acesso: Jun/2019.
- Lutz, C., Pires, D., & Moraes, C. A. (2013). Parques Industriais Ecológicos como instrumento para o desenvolvimento sustentável do estado do Rio Grande do Sul. *Estudos Tecnológicos Em Engenharia*, 9(1), 37–51. <https://doi.org/10.4013/ete.2013.91.05>
- Massard, G., Jacquat, O., & Zürcher, D. (2014). International survey on eco-innovation parks. Federal Office for the Environmental.
- Mendes, A. (2017). *Avaliação da disponibilidade e acessibilidade a espaços verdes em quatro áreas urbanas: Lisboa, Porto, Braga e Coimbra*.
- Ministério das Cidades. (2002). Técnicas de Prevenção e Controlo de Ruído, 1–7. Retrieved from https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/3779571241685/tecnicas_controlo_ruido.pdf. Acesso Jun/2019
- ORBIS. (2010). Construção e análise de indicadores, 108. Retrieved: http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/observatorio/usu_doc/construcao-e-analise-de-indicadores.pdf. Acesso: jun.2019.
- Ormazabal, M., Prieto-Sandoval, V., Puga-Leal, R., & Jaca, C. (2018). Circular Economy in Spanish SMEs: Challenges and opportunities. *Journal of Cleaner Production*, 185, 157–167. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2018.03.031>
- Pai, J., Liao, W., & Hu, D. (2018). Research on Eco-efficiency of Industrial Parks in Taiwan. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2018.09.232>
- Papaphilippou, P. C., Yiannapas, C., Politi, M., Daskalaki, V. M., Michael, C., Kalogerakis, N., ... Fatta-kassinou, D. (2013). Sequential coagulation – flocculation , solvent extraction and photo-Fenton oxidation for the valorization and treatment of olive mill effluent. *Chemical Engineering Journal*, 224, 82–88. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2012.11.047>
- Pei, J., & Ji, L. (2018). Secondary VOCs emission from used filters in portable air cleaners and ventilation systems. *Building and Environment*, 142(March), 464–471. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.06.039>
- Phillips, J., & Mondal, M. K. (2014). Determining the sustainability of options for municipal solid waste disposal in Varanasi , India. *Sustainable Cities and Society*, 10, 11–21.

<https://doi.org/10.1016/j.scs.2013.04.005>

- Reklaitiene, R., Grazuleviciene, R., Dedele, A., Virviciute, D., Vensloviene, J., Tamosiunas, A., ... Nieuwenhuijsen, mARk J. (2014). The relationship of green space , depressive symptoms and perceived general health in urban population. *Scandinavian Journal of Public Health*, (June), 669–676. <https://doi.org/10.1177/1403494814544494>
- Rueda, S. (2012). *Guía Metodológica para los sistemas de Auditoría, Certificación o Acreditación de la Calidad y Sostenibilidad en el medio Urbano*.
- Sales, R. (2001). *Auditoria ambiental e seus aspectos jurídicos*. São Paulo.
- Santana, M. V. E., Cornejo, P. K., Rodríguez-roda, I., Buttiglieri, G., & Corominas, L. (2019). Holistic life cycle assessment of water reuse in a tourist-based community. *Journal of Cleaner Production*, 233, 743–752. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.290>
- Santos, B. J. R. do. (2000). A qualidade no serviço de transporte público urbano. Arquivo.
- Schlarb, M. (2001). Eco Industrial Development: a strategy for building sustainable communities. *U. S. Economic Development Administration, Work and Environment Initiative*.
- Serpa, R. R. (2002). Risk management of environmental accidents, 5, 101–107.
- Sharma, A. K., Grant, A. L., Grant, T., Pamminger, F., & Opray, L. (2009). Environmental and Economic Assessment of Urban Water Services for a Greenfield Development, 26(5). <https://doi.org/10.1089/ees.2008.0063>
- Shi, H., Chertow, M., & Song, Y. (2010). Developing country experience with eco-industrial parks: a case study of the Tianjin Economic-Technological Development Area in China. *Journal of Cleaner Production*, 18(3), 191–199. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2009.10.002>
- Silva, M. A. A. (2012). *Medição e Avaliação do Ruído Ambiente - Estudo dos fatores que condicionam a determinação dos níveis de pressão sonora*. Instituto Politécnico de Viseu.
- Singh, V. S., Pandey, D. N., & Chaudhry, P. (2010). *Urban forests and open green spaces: Lessons for jaipur, Rajasthan, India*.
- Susur, E., Hidalgo, A., & Chiaroni, D. (2017). A strategic niche management perspective on transitions to eco-industrial park development : A systematic review of case studies. *Resources, Conservation & Recycling*, 140(May 2018), 338–359. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.06.002>
- Tian, J., Liu, W., Lai, B., Li, X., & Chen, L. (2014). Study of the performance of eco-industrial park development in China. *Journal of Cleaner Production*, 64, 486–494. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.08.005>
- Tocchetto, M. R. L. (2005). Resíduos sólidos industriais. *Resíduos Sólidos*. <https://doi.org/10.1007/s10853-011-5260-y>
- VALEC - Engenharia, Construções e Ferrovias S.A. (1988). “Valec: Desenvolvimento

Sustentável do Brasil.”

- Valenzuela-Venegas, G., Henríquez-Henríquez, F., Boix, M., Montastruc, L., Arenas-Araya, F., Miranda-Pérez, J., & Díaz-Alvarado, F. A. (2018). A resilience indicator for Eco-Industrial Parks. *Journal of Cleaner Production*, *174*, 807–820.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.11.025>
- Veiga, L. B. E. (2007). Diretrizes para a implantação de um Parque Industrial Ecológico: Uma proposta para o PIE de Paracambi, RJ.
- Velazco, V. A., Buchwitz, M., Bovensmann, H., Reuter, M., Schneising, O., Heymann, J. P., ... Burrows, J. P. (2011). Towards space based verification of CO2 emissions from strong localized sources : fossil fuel power plant emissions as seen by a CarbonSat constellation. *Faculty of Science, Medicine and Health*, *4*, 2809–2822.
- Verguts, V., Dessein, J., Dewulf, A., & Lauwers, L. (2016). Industrial symbiosis as sustainable development strategy : adding a change perspective. *Sustainable Development*, *19*(1). <https://doi.org/https://doi.org/10.1504/IJSD.2016.073650>
- Weierbacher, L. (2008). *Estudo de captação e aproveitamento de água da chuva na indústria moveleira Bento Móveis de Alvorada - RS*. Universidade Luterana do Brasil.
- Winn, M. I., & Angell, L. C. (2000). Towards a Process Model of Corporate Greening. *Social Science Collections*.
- Xu, F., Xiang, N., Tian, J., & Chen, L. (2017). 3Es-based optimization simulation approach to support the development of an eco-industrial park with planning towards sustainability: A case study in Wuhu, China. *Journal of Cleaner Production*, *164*, 476–484.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.06.192>
- Yu, C., De Jong, M., & Dijkema, G. P. J. (2014). Process analysis of eco-industrial park development - The case of Tianjin, China. *Journal of Cleaner Production*, *64*, 464–477.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.09.002>

7 ANEXOS

ANEXO I - Tabela de correlação entre os indicadores, os princípios e os critérios de seleção

Indicador	Princípio	Modelo PER	Critérios de seleção				Total	
			A	B	C	D		
1	(%) de empresas que possuem ISO 14001	SGA;MON/AQA	R	3	3	3	3	12
2	Nº de fornecedores certificados com a norma ambiental	SGA,MON/AQA	R	3	2	2	2	9
3	Aproveitamento da água da chuva (%)	GA	E	3	2	3	3	11
4	Recirculação de água no processo (%)	GA;IEC	E	3	1	2	3	9
5	Nº de empresas com autoprodução e autoconsumo	EE/FR	P	3	3	2	3	11
6	Fontes renováveis (%)	EE/FR	E	3	2	3	3	11
7	Capacidade de reserva de água tratada (dias)	IEC;GA	P	2	1	3	3	9
8	(%) de empresas com tratamento de efluentes	IEC	P	3	3	3	3	12
9	Concentração de MP	PPA	E	2	3	2	2	9
10	(%) de empresas com tratamento gasosos	PPA; IEQ	P	3	3	3	3	12
11	Indicador de ruído-Lden e Ln	PR	P	3	3	3	3	12
12	(%) de EV	US	P	3	3	3	3	12
13	Compacidade corrigida	US	P	1	2	2	2	7
14	Parcela de vias com calçada;	US;IEQ	P	2	2	3	1	8
15	Índice de Mutualismo (MI x)	ICEE	P	2	2	2	2	8
16	(%) de empresas com de coleta seletiva	GR	R	3	3	3	3	12
17	Recuperação de resíduo orgânico (%)	GR	R	3	3	3	3	12
18	Distancias de contentores	GR;IEQ	R	3	2	3	3	11
19	(%) de veiculos partilhados	LO	P	3	2	2	3	10
20	(%) de areas partilhadas (carga e descarga)	LO	R	1	3	2	3	9
21	Distancia média entre paragens	MO/TRANS	P	3	2	3	3	11
22	Oferta de TPU (oferta de lugares)	MO/TRANS	P	2	3	1	2	8
23	Tempo médio de viagem TPU vs tempo médio de viagem por automóvel	MO/TRANS	P	2	1	2	3	8
24	Existencia de equipamentos de monitorização	MON/AQA	R	2	2	2	3	9
25	Nº de relatórios anuais de avaliação	MON/AQA	R	2	1	2	2	7

ANEXO III – Listagem dos indicadores iniciais levantados.

1	Nº de unidades organizacionais atingindo os objetivos e metas ambientais;
2	Grau de implementação de códigos de gestão e práticas de operação
3	Nº de iniciativas implementadas para prevenção da poluição
4	Nº de níveis gerenciais com responsabilidades ambientais específicas
5	% de empregados que têm requisitos ambientais em suas descrições de trabalho
6	% de fornecedores e prestadores de serviço consultados sobre questões ambientais
7	% de prestadores de serviço contratados com SGA implementado ou certificado
8	% de fornecedores certificados com a norma ambiental
9	Emissões SOx ,NOx, VOCs e CH4
10	Emissões CO e CO2
11	Emissões de material particulado
12	Emissões totais pelos flares
13	Emissões SOx ,NOx, VOCs e CH4
14	Indicador de Ruído Diurno – Ld
15	Indicador de Ruído do Entardecer - Le
16	Indicador de Ruído Noturno – Ln
17	Indicador de Ruído - Lden
18	Existência de barreiras acústicas (%)
19	Disponibilidade de recursos hídricos próprios (%)
20	Água reutilizada no abastecimento (%)
21	Aproveitamento da água da chuva (%)
22	Recirculação de água no processo (%)
23	Consumo Médio (Cm)
24	Consumo Médio (Ce)
25	Fator de utilização
26	Número de empresas com autoprodução e autoconsumo
27	Painéis (M²)
28	Fontes renováveis (%)
29	(%) empresas com tratamento de efluentes
30	Capacidade de reserva de água tratada (dias)
31	(%) de luminárias com baixo consumo
32	Extensão de vias com traffic calming
33	Parcela de interseções com faixas para pedestres
34	Parcela de vias com calçada
35	População residente com acesso a áreas verdes ou de lazer, dentro de um raio de 500m das mesmas
36	(%) de EV
37	Eficiência de materiais que são enviados para coleta
38	(%) de empresas com de coleta seletiva
39	Índice de recuperação de materiais recicláveis
40	Recuperação de resíduo orgânico (%)
41	Geração de resíduos sólidos urbanos por unidade de produção
42	Índice de rejeito IR (%) (Está relacionado com a coleta seletiva)
43	Distâncias de contentores
44	Distancia das empresas a pontes de deposição seletiva de resíduos
45	Existência de equipamentos de monitorização
46	Número de campanhas de monitorização
47	Número de relatórios anuais de avaliação
48	Número de avaliadores certificados
49	Existência de equipamentos de monitorização

ANEXO III – Continuação - Listagem dos indicadores iniciais levantados.

50	Número de campanhas de monitorização
51	Número de relatórios anuais de avaliação
52	Número de avaliadores certificados
53	Existência de equipamentos de monitorização
54	Pedidos Completos e no Prazo
55	(%) de veículos partilhados
56	(%) de áreas partilhadas (carga e descarga)
57	Taxa de Atendimento do Pedido
58	Dock to Stock Time
59	Parcela de veículos (oferta de lugares) do Transporte Público Urbano (TPU) utilizando energia limpa
60	Horas de congestionamento nos corredores de transportes, próximos ou de passagem na região
61	Acidentes com pedestres e ciclistas por 1000 hab
62	Oferta de TPU (oferta de lugares)
63	Frequência de TPU
64	Oferta de transporte para pessoas de mobilidade reduzida
65	Tempo médio de viagem no TPU para o núcleo central de atividades e comércio
66	Demanda de viagens por automóveis na região
67	Tempo médio de viagem TPU vs tempo médio de viagem por automóvel
68	Distância média entre paragens
69	Extensão das ciclovias
70	Indicador de simbiose industrial
71	Utilização da Capacidade de Estocagem
72	Custos de Movimentação e Armazenagem como um % das Vendas
73	(%) de áreas impermeáveis
74	Complexidade
75	(%) de passeios que cumprem as medidas mínimas

ANEXO IV – Relatório desenvolvido no Âmbito do Workshop de Economia Circular

WORKSHOP DE ECONOMIA CIRCULAR

Relatório desenvolvido para o
Workshop titulado “Workshop de
Economia Circular” no âmbito do
Projeto Rehabind (ref.^a
0399_REHAB_IND_2_E)

Ministrado por:

Artur Gonçalves

Cristiane Kreutz,

Leonardo Campestrini Furst

Milena Clarindo Ianela

Mirandela

06/2019

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Agenda para desenvolvida para execução do Workshop.....	79
Figura 2 – Esquema elaborado para a dinâmica inicial do Workshop.	81
Figura 3 – Seminário introdutório abordando os temas principais do Workshop.	82
Figura 4 – Modelo de ficha para cada questão abordada na atividade de fluxos do Workshop.	82
Figura 5 - Cartazes dispostos para auxílio da atividade de fluxos do Workshop.....	83
Figura 6 - Esquema das áreas dispostas para votação.	84
Figura 7 - Empresários divididos em grupos para desenvolverem os projetos escolhidos. .	84
Figura 8 – Modelo de ficha elaborado para desenvolvimento do projeto escolhido.....	85
Figura 9 - Análise SWOT desenvolvida para a atividade dos projetos.	85
Figura 10 - Momento de apresentação dos projetos.....	86
Figura 11 – Comparação entre a atividade final e inicial do Workshop.	87
Figura 12 - Modelo das fichas preenchidas.....	87
Figura 13 - Fichas preenchidas e dispostas nos cartazes pelos próprios empresários.	88
Figura 14 – Áreas dos possíveis projetos passíveis de votação.....	88
Figura 15 – Quantidade de votos obtidos em cada área pelos empresários.	89

1 Desenvolvimento do Workshop

O Workshop para a Cooperação Industrial foi organizado no âmbito do projeto Rehabind (ref.^a 0399_REHAB_IND_2_E), dirigido às empresas da Zona Industrial de Mirandela, realizado no auditório pequeno do Complexo Cultural na cidade de Mirandela, Portugal. O mesmo possuiu cinco sessões durante os meses de maio e junho de 2019, das quais, a segunda sessão, abordada neste relatório, realizou-se no dia 28 de maio. A sessão titulada Workshop de Economia Circular, foi conduzida pelo Professor Artur Gonçalves e pela Professora Cristiane Kreutz, juntamente com os colaboradores Leonardo Campestrini Furst e Milena Clarindo Ianela.

Nesta sessão, o Workshop teve como objetivo incentivar as empresas participantes à cooperação industrial, apresentando princípios importantes relacionados com economia circular e simbiose industrial. No decorrer do curso foram apresentados diapositivos com conceitos diversos, exemplos sobre o tema e informações referentes as dinâmicas realizadas, que para melhor entendimento serão descritas de acordo com o cronograma abaixo (Figura 1).

AGENDA	
09:00 - 09:05	Início e apresentação do workshop
09:05 - 09:10	Dinâmica Inicial
09:10 - 09:50	Seminário
09:50 - 10:20	Atividade individual para identificação dos fluxos
10:20 - 10:25	Fixação da atividade anterior no quadro
10:25 - 10:30	Apresentação dos projetos
10:30 - 10:35	Votação dos projetos
10:35 - 10:50	Intervalo
10:50 - 11:20	Atividade em grupo dos projetos
11:20 - 11:40	Análise SWOT dos projetos
11:40 - 11:45	Dinâmica final
11:45 - 12:00	Checkout

Figura 1 – Agenda para desenvolvida para execução do Workshop.

2 Organização do Workshop

Para auxílio na avaliação dos resultados e associação das empresas, cada participante recebeu um código relacionado com o seu ramo e com uma escala de cores, por exemplo: 1A (empresa x, no ramo alimentício) de acordo com a tabela a baixo:

Quadro 1 - Categorias esquematizadas de acordo com o ramo da empresa.

Ramo	Alimentícia	Manutenção de automóveis	Transformação	Outras empresas	Outros profissionais
Cor	Amarelo	Laranja	Verde	Rosa	Azul

Com objetivo de otimização e praticidade, no início do workshop, cada empresário recebeu um kit contendo uma pasta com bloco de notas e caneta para a assistência no desenvolvimento da atividade e um envelope marcado com o código descrito acima e que continha: marcadores (com as cores respetivas do ramo da empresa) e as fichas a serem preenchidas pertencentes a segunda dinâmica.

2.1 Execução das atividades

Para o envolvimento dos empresários com o workshop, foram realizadas quatro atividades dinâmicas. A primeira denominada como “Dinâmica inicial” de acordo com o cronograma, foi elaborada com o intuito de os participantes indicarem o posicionamento atual de sua empresa ou organização em relação ao nível de sinergismo com outras organizações em relação aos recursos (próprios/partilhados-coprodutos) e as ações ambientais (próprias/partilhadas - gestão autónoma ou comum das questões ambientais). Para isso, os empresários foram convidados a pousar um marcador sobre um plano cartesiano, indicando o posicionamento atual da empresa, onde o eixo horizontal representava as ações ambientais e o vertical os recursos (Figura 2).

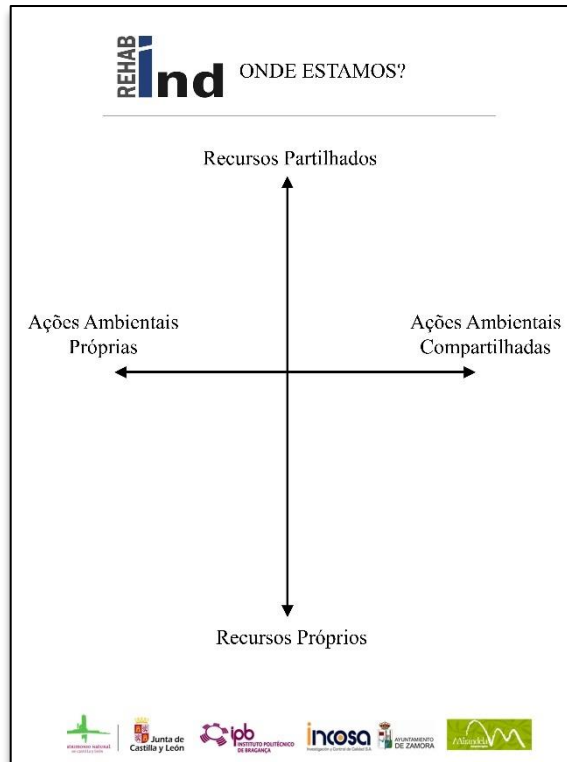


Figura 2 – Esquema elaborado para a dinâmica inicial do Workshop.

Em seguida, ocorreu o seminário introdutório englobando conceitos e conceções sobre cooperação industrial, apresentando as diferenças entre os modelos de economia linear e circular; os três princípios indispensáveis e os fundamentos para a aplicação da economia circular. Também foram abordadas as definições e exemplos para a simbiose industrial, exibindo o exemplo de Kalundborg na Dinamarca, o mais importante e o primeiro eco-parque industrial a realizar completamente a simbiose industrial. Essa introdução foi realizada a fim de que os empresários obtivessem maior perceção sobre o tema abrangido e desempenhassem com excelência as dinâmicas previstas para o workshop (Figura 3).



Figura 3 – Seminário introdutório abordando os temas principais do Workshop.

A segunda atividade dinâmica foi executada com um propósito de identificar e estabelecer os fluxos que a empresa apresenta, ou seja, os *inputs* (entradas); os processos e os *outputs* (saídas). A ideia central da atividade foi esclarecer os seus principais fluxos a fim de verificar quais insumos (materiais/energia) poderiam ser compartilhados e/ou trocados, havendo benefícios mútuos e contribuindo para a cooperação industrial. A partir disso, foram construídas fichas, em que os empresários individualmente pudessem responder a três perguntas (Figura 4):

- O que a minha empresa precisa
- Que processos que eu utilizo na produção dos produtos ou na prestação de serviços?
- O que ofereço e o que dispenso?

<p>Workshop de Economia Circular 28 de maio de 2019 - Miracido</p> <p>REHAB Ind</p> <p>O que a minha empresa precisa?</p> <p><small>Descricão sucinta que inclua: produtos, bens, energia.</small></p>	<p>Workshop de Economia Circular 28 de maio de 2019 - Miracido</p> <p>REHAB Ind</p> <p>O que ofereço e o que dispenso?</p> <p><small>Produtos, serviços, materiais, soluções, processos, pessoas, atividades.</small></p>	<p>Workshop de Economia Circular 28 de maio de 2019 - Miracido</p> <p>REHAB Ind</p> <p>Quais os processos que utilizo na produção dos produtos ou na prestação de serviços?</p> <p><small>Processos industriais, processos de gestão.</small></p>

Figura 4 – Modelo de ficha para cada questão abordada na atividade de fluxos do Workshop.

Após serem preenchidas, as fichas foram fixadas com pioneses pelos próprios empresários em três diferentes cartazes de acordo com as questões, que estavam dispostos na parede. Posteriormente, as fichas foram avaliadas quanto as diferentes respostas obtidas (Figura 5).

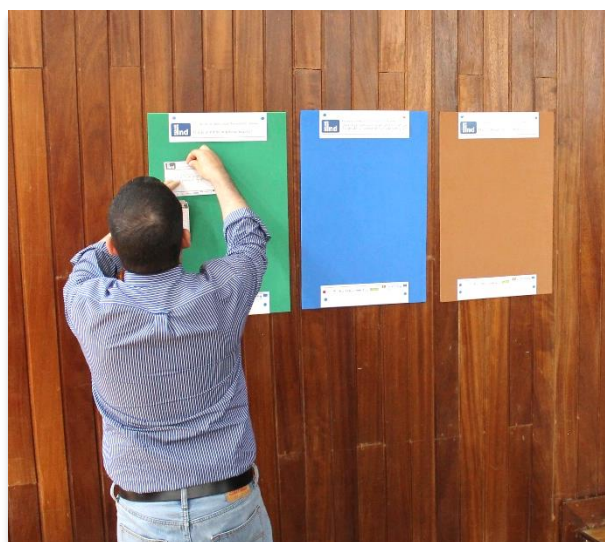


Figura 5 - Cartazes dispostos para auxílio da atividade de fluxos do Workshop.

Na terceira dinâmica foram apresentadas aos empresários oito áreas distintas, para as quais deveriam desenvolver projetos e que potencialmente poderiam ser implantadas no parque industrial no âmbito comum (Quadro 1).

Quadro 2 - Áreas obtidas para desenvolvimento de projetos no âmbito do parque industrial comum.

Áreas	
1	Gestão comum de resíduos
2	Tratamento comum de efluentes
3	Mecanismos de compras comum
4	Gestão ambiental comum
5	Reaproveitamento da água
6	Gestão partilhada de energia
7	Tratamento de emissões atmosféricas
8	Logística partilhada

A partir do exposto, foi solicitado aos empresários que votassem em quatro áreas distintas que possuíssem maior interesse, ou que, em alternativa, sugerissem uma área diferente das existentes, que pudesse dar origem a um projeto. A dinâmica consistiu na apresentação das oito temáticas, dispostos na parede, e que com marcadores disponibilizado no início do curso, os empresários votassem de acordo com as suas preferencias (Figura 6).



Figura 6 - Esquema das áreas dispostas para votação.

Em seguida, para dinamizar a atividade, os membros foram separados em dois grupos, já com as áreas escolhidas pelos mesmos (Figura 7). Nesse momento, os participantes puderam discutir e desenvolver os projetos que foram designados a cada grupo, de acordo com o modelo da ficha abaixo (Figura 8). Na ficha, os empresários deveriam definir o nome, os objetivos principais e fazer um resumo do que se trataria o projeto. Outros parâmetros também foram elaborados, incluíram a identificação dos potenciais parceiros, do prazo para execução e o modelo de financiamento para o projeto.



Figura 7 - Empresários divididos em grupos para desenvolverem os projetos escolhidos.

REHAB Ind Workshop de simbiose industrial
28 de maio de 2015 - Mirandela

Projeto:

Síntese:

Objetivos:

Tipo de ação(ões): Estado Plano Inovação Outra Organização

Parceiros:

Metodologia:

Prazo de execução:

Custo de aplicação: Baixo Médio Alto

Financiamento: Próprio Programa de financiamento




Figura 8 – Modelo de ficha elaborado para desenvolvimento do projeto escolhido.

Para finalizar a atividade e com intenção de fixar o que foi organizado, realizou-se a análise *SWOT* (*Strengths, Weaknesses, Opportunities, threats*), em que os empresários puderam discorrer quais seriam os pontos fortes e fracos que encontrariam na execução do projeto, além das oportunidades e ameaças, de acordo com o modelo de ficha na Figura 9 abaixo.

REHAB Ind Workshop de simbiose industrial
28 de maio de 2015 - Mirandela

Projeto:

<p>Pontos Fortes <small>Fortes que a empresa possui (Diferenciais competitivos da empresa...)</small></p>	<p>Pontos Fracos <small>Debilidade que a empresa possui (Uma empresa fraca, desatualizada...)</small></p>
<p>Oportunidades <small>Oportunidades que a empresa possui (Oportunidades de financiamento, setores de mercado...)</small></p>	<p>Ameaças <small>Fatores externos que afetam a empresa (Baixa de juros, Regulação, concorrência...)</small></p>




Figura 9 - Análise SWOT desenvolvida para a atividade dos projetos.

Posteriormente, os empresários tiveram a oportunidade de apresentar o projeto desenvolvido (Figura 10).



Figura 10 - Momento de apresentação dos projetos.

Para finalizar o curso, a quarta e última dinâmica aconteceu como uma reflexão, em que os empresários puderam repetir a primeira atividade, mas com uma temática diferente, na qual, com alguns marcadores os participantes colocariam no quadrante em que suas empresas estariam no futuro, respondendo a seguinte questão: onde queremos chegar?

Com intuito de identificar oportunidades de melhoria e fixar novas metas para o próximo workshop, foram colocadas algumas questões reflexivas para que os empresários pudessem responder no momento, incluindo: o que correu bem? O que correu menos bem? O que eu levo desta experiência?

3 Resultados e Discussões

Para análise dos resultados foi levado em consideração, o comportamento, a participação e as respostas dos empresários ao longo do Workshop.

A figura abaixo demonstra a comparação das respostas obtidas pelos empresários na atividade inicial e final do workshop. Na atividade inicial (Figura 11A), era suposto que os empresários indicassem o posicionamento atual da sua empresa, sendo possível perceber que muitos deles pousaram o marcador numa posição menos adequada para a cooperação/simbiose industrial, e nem todos tiveram entendimento para interpretar o plano cartesiano. Na atividade final (Figura 11B), após todos os conceitos transmitidos e dinâmicas realizadas, observou-se um bom resultado em relação a posição final das empresas, indicando onde as organizações gostariam de chegar no futuro. Observou-se que os empresários obtiveram boa assimilação e compreensão, facto que poderá ter

determinado a resposta no quadrante em que tanto as ações ambientais como os recursos eram compartilhados (Figura 11).

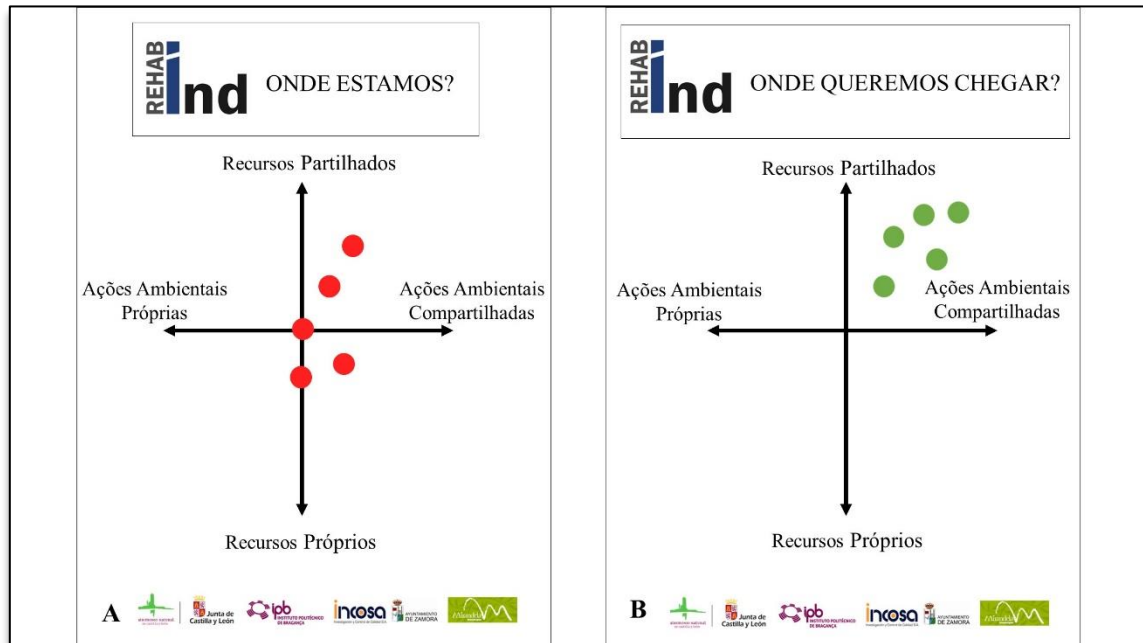


Figura 11 – Comparação entre a atividade final e inicial do Workshop.

Na segunda atividade, os empresários, em geral, apresentaram bom desempenho. Foi possível perceber que a maioria deles expressou facilidade em desenvolver o que foi pedido, em outros, notou-se dificuldade em expor os fluxos que a empresa possui. A figura abaixo apresenta um exemplo de resposta das fichas preenchidas pela Empresa x.

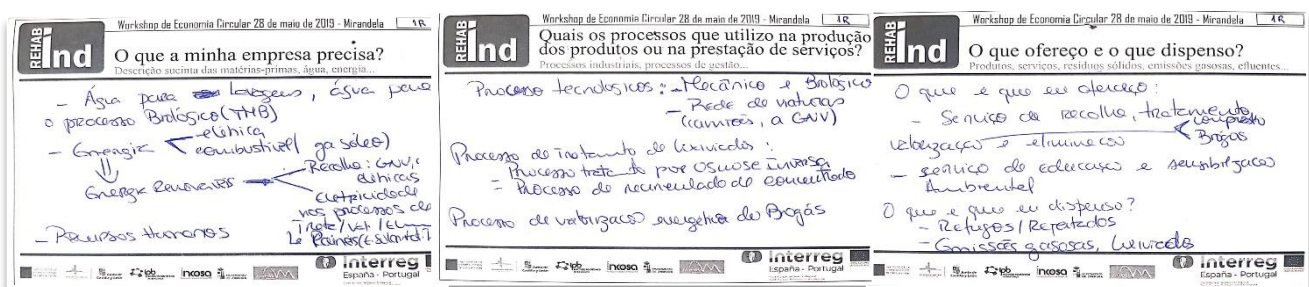


Figura 12 - Modelo das fichas preenchidas.

A Figura 13 apresenta todas as fichas preenchidas e dispostas nos cartazes pelos próprios empresários.



Figura 13 - Fichas preenchidas e dispostas nos cartazes pelos próprios empresários.

Na terceira atividade executada, após a apresentação de potenciais áreas de atuação, havia a possibilidade de acréscimo ou mudança de alguma área, dessa forma, além das áreas pré-determinadas, mais duas outras áreas foram sugeridas pelos empresários entraram em votação, sendo elas: “Capacitação para a economia circular” e “Protocolos de incentivo a colaboração empresarial local”. Dessa forma a figura a baixo apresenta todas as áreas que participaram, já marcadas pelos empresários.



Figura 14 – Áreas dos possíveis projetos passíveis de votação.

Na imagem acima é possível perceber que foram contabilizados um total de 10 áreas, em que a área mais votada foi justamente a sugerida pelos empresários, “Protocolos de incentivo a colaboração empresarial local”, seguido das outras três áreas mais votadas “Capacitação a economia circular”, “Gestão comum de resíduos” e “Gestão ambiental comum”, de acordo com a Figura 15 abaixo:

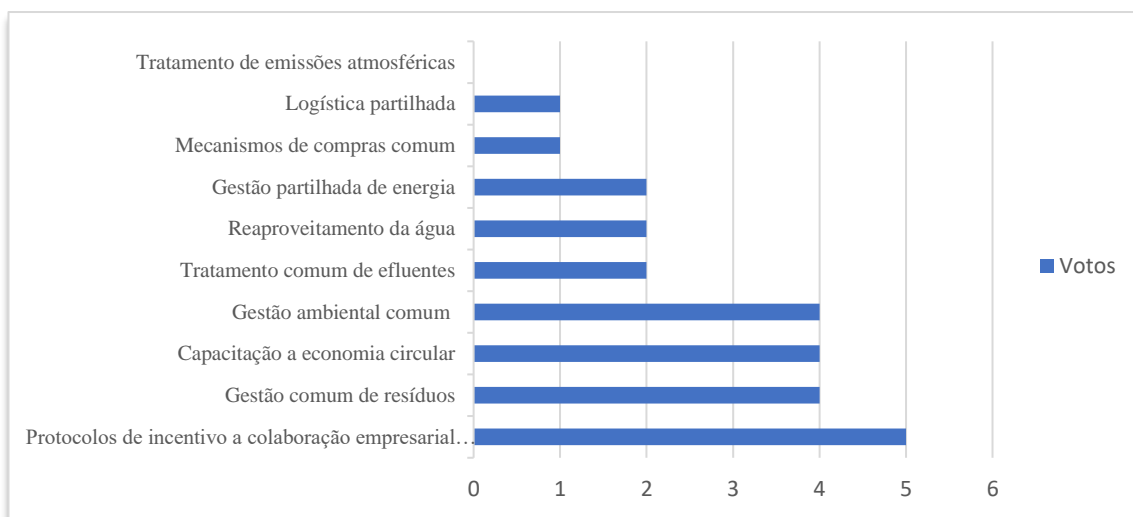


Figura 15 – Quantidade de votos obtidos em cada área pelos empresários.

A partir do resultado da votação, foram escolhidas duas áreas: “Protocolos de incentivo a colaboração empresarial local” e “Gestão comum de resíduos”. Posteriormente, utilizando a ficha disponibilizada, os empresários puderam desenvolver projetos relacionados com estas áreas. No Quadro 3 são apresentados os resultados deste exercício colaborativo.

Quadro 3 - Projeto desenvolvido pelos empresários

Projeto: Incentivo a colaboração empresarial local
Síntese: Dinamização de parcerias colaborativas para definição de protocolos no âmbito de eventuais negócios circulares a nível local e regional
Objetivos: <ul style="list-style-type: none"> • Promover a colaboração interempresarial • Motivar as empresas a sua participação • Estabelecer protocolos de incentivo a colaboração empresarial local
Tipo de ações: plano/organização
Parceiros: <ul style="list-style-type: none"> • Empresas • ACIM - Associação Comercial e Industrial de Mirandela • Autarquias locais • CIMTT – Interreg • CEDR
Ações: <ul style="list-style-type: none"> • Reunir os parceiros para dar conhecimento do projeto • Identificar os recursos necessários a implementação do projeto • Divulgar o projeto • Definir a carta de compromisso • Concretizar os protocolos • Criação de um selo visual para as empresas participantes (sugestão) • Monitorizar e avaliar os indicadores aplicáveis
Prazo de execução: 1 ano
Custo de aplicação: Baixo (Até 50000 euros)
Modelo de financiamento: Programa de financiamento a nível Nacional

Quadro 4 - Projeto desenvolvido pelos empresários

Projeto: Gestão comum de resíduos
Síntese: -
Objetivos: <ul style="list-style-type: none"> • Criar mecanismos de melhor separação e valorização de resíduos
Tipo de ações: Estudo/plano/execução/obra/organização
Parceiros: <ul style="list-style-type: none"> • Empresas • Câmara Municipal • Resíduos do Nordeste • IPB – Instituto Politécnico de Bragança
Ações: <ul style="list-style-type: none"> • Identificar e quantificar os resíduos (estudo) • Identificar os mecanismos de gestão atuais e ideais • Criar uma zona de posição – ecocentro industrial, ajustar o ecocentro municipal • Criar uma plataforma comum – análise de potencial - recirculação • Definir um sistema logístico comum
Prazo de execução: 1 ano
Custo de aplicação: Médio (De 50.000 a 500.000 euros)
Modelo de financiamento: COMPETE/POSEUR

4 Considerações finais

Após a conclusão das atividades do Workshop, os empresários responderam a algumas questões sobre o mesmo, em que puderam refletir sobre o que identificavam como positivo e negativo ao longo do workshop. Todos os participantes se mostraram satisfeitos com a sessão, além de mencionarem com convicção que vão transferir os resultados daquele dia para o futuro das suas empresas. Ainda foi dito que cursos e conhecimentos como estes deveriam ser transmitidos para o maior número de pessoas possível. De maneira geral os empresários tiveram uma boa percepção e receção do Workshop, sendo participativos e proativos absorvendo todas informações disponíveis.

Numa consideração menos positiva, os empresários presentes lamentaram o reduzido número de participantes no evento.