U.PORTO

2º CICLO
ECONOMIA E GESTÃO DO AMBIENTE

Captação de Energia em Pavimento Rodoviário – perspetivas de mercado e contributos para a descarbonização de cidades

Ana Teresa Ramos das Neves da Silva

M

2020

U.PORTO

FEP FACULDADE DE ECONOMIA UNIVERSIDADE DO PORTO

Captação de Energia em Pavimento Rodoviário – perspetivas de mercado e contributos para a descarbonização de cidades

Ana Teresa Ramos das Neves da Silva

Relatório de Estágio

Mestrado em Economia e Gestão do Ambiente

Orientado por

Professor Doutor Luís Miguel da Costa Monteiro Carvalho

2020

Agradecimentos

A realização do presente Relatório marca o fim de mais uma etapa no meu percurso, etapa esta que envolveu constantes desafios e, sobretudo, aprendizagem, e neste sentido gostaria de agradecer às pessoas que me acompanharam e apoiaram na sua edificação.

Ao Engenheiro Doutor Francisco Duarte, CEO da Pavnext, por me ter recebido neste projeto fascinante de braços abertos, pelo saber multifacetado que me transmitiu, e pela confiança e versatilidade que me fez ganhar enquanto profissional para o resto do meu caminho. Gostaria também de prestar um agradecimento especial à Doutora Sílvia Soares, CDO da Pavnext, pela simpatia, receção, e partilha de conselhos e experiências ao longo do estágio.

Ao Professor Doutor Luís Carvalho, pela orientação e colaboração sempre disponível para solução de dúvidas e sugestão de melhorias, pelo companheirismo e, principalmente, por me desafiar e encorajar contínuamente a pensar mais à frente, bem como escrever melhor, e de forma mais "tesística".

E, por último, à minha Família e Amigos, pelo apoio incondicional, paciência e por me incentivarem a ser uma pessoa cada vez melhor. A Vossa presença será sempre imprescindível na minha jornada.

Resumo

Em resposta ao compromisso estabelecido no Acordo de Paris e de acordo com os 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável, a transição para uma economia moderna, neutra de carbono e eficiente energeticamente consta como uma das prioridades globais. Neste âmbito, a indústria da captação energética aplicada a pavimentos rodoviários (RPEH) constitui um domínio de recente aplicação e investigação enquanto forma alternativa de providenciar energia, a qual tem verificado um relativo progresso derivado do seu potencial de utilização em meio urbano, áreas onde urge otimizar e tornar o sistema energético mais sustentável.

No presente relatório é fornecido um estudo integrado, no qual se conceptualiza a indústria RPEH como um Sistema de Inovação Tecnológica (TIS), e se explora a capacidade de formação de mercado e potencial de escalabilidade dos pavimentos *energy harvesting*, bem como os seus contributos em prol da descarbonização do setor energético, por meio de um estudo de caso baseado no produto da Pavnext – o NEXT-Road. A empregabilidade deste quadro conceptual a uma única tecnologia e empresa veio contribuir com uma nova perspetiva de análise sobre esta literatura e os processos que a caracterizam – Desenvolvimento de Conhecimento; Formação de Mercado; Mobilização de Recursos; e Legitimação da Tecnologia - ao canalizar e restringir a amplitude da investigação em torno das dinâmicas microempresariais e estratégias de negócio: o Mercado; o Cliente; o Produto e Proposta de Valor; o Modelo de Negócio e Estratégia Comercial.

As evidências obtidas demonstraram que a análise das funções descritas debaixo de um contexto empresarial e aplicado a uma indústria emergente de caráter disruptivo mantém-se pertinente para avaliar e explicar a capacidade de formação de mercado e desenvolvimento de tecnologias inovadoras. O caso específico estudado veio destacar a influência da criação de valor para a formação de nichos de mercado e alinhamento com sistemas reguladores socio-técnicos envolventes, bem como a relevância da experimentação tecnológica como estratégia de visibilidade e confiança. Denotou também a importância das entidades governativas no incentivo e impulsão da inovação, principalmente em meio urbano.

Palavras-chave: Captação de Energia; Sistema de Inovação Tecnológica; Formação de Mercado; Cidades Inteligentes; Modelos de Negócio

Abstract

The transition to a modern, carbon neutral and energy efficient economy has become one of the global priorities, in response to the commitment established in the Paris Agreement and with the 17 Sustainable Development Goals. In this context, the road pavement energy harvesting industry (RPEH) is a field of recent focus and research as an alternative way of providing energy, which has seen considerable progress derived from its potential for use in urban areas, where there is an urgent need to optimize and sustain the energy system.

An integrated analysis is presented in this report, in which the RPEH industry is conceptualized as a Technological Innovation System (TIS), and explores the market formation capacity and scalability potential of energy harvesting pavements, as well as their contributions for the decarbonisation of the energy sector, through a case study based on Pavnext's product - the NEXT-Road. The employability of this conceptual framework to a single technology and company has contributed to a new perspective of analysis on this literature and its characterizing processes – Knowledge Development; Market Formation; Resource Mobilization; and Legitimation - by channeling and limiting the scope of research around micro-entrepreneurial dynamics and business strategies: the Market, the Customer, the Product and Value Proposition, the Business Model and Commercial Strategy.

The evidence obtained showed that the evaluation of the described functions under a business sense and applied to an evolving disruptive industry remains pertinent to assess and explain market formation capacity and growth potential of innovative technologies. The selected case-study highlighted the influence of value creation in the discovery of market niches and alignment with surrounding socio-technical regulatory structures, as well as the relevancy of technological experimentation as a visibility and confidence strategy. Moreover, the substantial role of government entities in promoting and driving innovation, especially in urban areas, was denoted.

Keywords: Energy Harvesting; Technology Innovation System; Market Formation; Smart Cities; Business Models.

Índice

1. Introdução 1
1.1 Enquadramento Geral 1
1.2 Apresentação da Entidade de Acolhimento e Produto 2
1.3 Objetivos de Investigação 4
2. Revisão de Literatura 6
2.1 Sistemas de Inovação Tecnológica: Estrutura TIS 6
2.2 Formação de Mercado 7
2.3 O mercado *Energy Harvesting*: Estado-da-arte 10
2.4 *Smart cities* e escalabilidade de soluções inovadoras 11
2.5 Questões de Investigação 13
3 Metodologia 14
3.1 Abordagem Metodológica 14
3.2 Plano de Trabalhos 15
3.2.1 Análise de Mercado Externa 16
3.2.2 Estudo de Mercado – Lógica do Cliente 17
3.2.3 Elaboração da Proposta de Valor 19
3.2.5 Elaboração do Plano Estratégico *Go-to-Market* 24
3.2.6 Estudo de Impacto SETA 25
4 Análise de Resultados 26
4.1 Análise de Mercado Externa 26
4.1.1 Análise PESTEL 26
4.1.2 Análise de Concorrência 27
4.1.3 Análise das 5 Forças de Porter 29
4.2 Estudo de Mercado – Lógica do Cliente 35
4.2.1 *Customer Discovery* - Segmentação 35
4.2.2 *Customer Discovery – Value Preposition Canvas* 37
4.2.3 *Customer Discovery* - Validação 39
4.3 Elaboração da Proposta de Valor 41
4.4 Elaboração do Modelo de Negócio e Validação do Cliente 46
4.4.1 Elaboração do Modelo de Negócio 46
4.4.2 Validação do Cliente 52
4.5 Elaboração da Estratégia *Go-to-Market* 55
4.5.1 Análise TAM SAM SOM 55
4.5.2 Estratégia Comercial 57
4.6 Estudo de Impacto SETA 62
5 Conclusões 66
6. Referências 71

7. Anexos 78

Índice de Abreviaturas

ACB – Análise Custo-Benefício

ANSR – Associação Nacional de Segurança Rodoviária

AS – Análise de Sensibilidade

ATE – Análise Técnica e Económica

B2B – *Business to Business*

B2G – *Business to Government*

CAR – *Canonic Action-Research*

CF – Fator de Capacidade

CO_2 – Dióxido de Carbono

DGT – *Dirección General de Tráfico*

I&D – Investigação e Desenvolvimento

IEA – *International Energy Agency*

IoT – *Internet of Things*

IP – Iluminação Pública

GOP – Grandes Opções do Plano (Municipal)

J – Joule

Kj – Kilojoule

kWh – Kilowatt Hora

LCOE – Custo nivelado de energia

LED – *Light-emitting Diode*

MWh – Megawatt Hora

MTep – Milhões de toneladas equivalentes de petróleo

NO_x – Óxido de Azoto

OECD – Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico

OTS – Tecnlogia de reciclagem de água On-Site

PME – Pequenas e Médias Empresas

PPP – Parceria Público-Privada

PPW – Preço por Watt

SAM – *Serviceable Available Market*

SED – Sistema Energético Distribuído

SOM – *Serviceable Obtainable Market*

ROC – Retorno de Capital

RPEH – *Road Pavement Energy Harvesting*

TAM – *Total Available Market*

TIR – Taxa Interna de Retorno

TIS – *Technology Innovation System*

TRL – *Technology Readiness Level*

UPTEC – Parque de Ciência e Tecnologia da Universidade do Porto

UE – União Europeia

VAL – Valor Atualizado Líquido

Wp – Watt-pico

Índice de Nomenclaturas

AADT – Média Anual de Tráfego Diário

AEG – Energia Gerada Anual

ATE – Taxa de Evolução Anual do Tráfego

CAPEX – Investimento Inicial

CFLO – Fluxos de Caixa Anuais

CFLOU – Fluxos de Caixa Atualizados

EEP – Preço de Equipamentos Extra

EHW – Largura de Superfície do Módulo

ERV_{cat} – Energia Libertada pelo Veículo, consoante categoria de veículo

ICPM – Custo de Instalação por Módulo

INF – Taxa de Inflação

IPM – Potência Instalada por Módulo

NMI – Número de Módulos Instalados

NL – Número de Faixas

NMP – Número de Metros Instalados

OCI – Outros Custos Envolvidos

OPEX – Custo Anual de Manutenção

PPM – Preço por Módulo

SCAH – Número de Horas de Operação da Aplicação por dia

SCAS – Poupanças anuais

SCEI – Inflação do Preço da Energia

SCEP – Preço da Energia

SCEPCE – Consumo Total da Aplicação do Período de Estudo

SCIP – Potência Instalada da Aplicação Elétrica

SCPC – Percentual de Contribuição Energética

SCYCE – Consumo Anual de Energia da Aplicação Elétrica

TD_{cat} – Distribuição de Tráfego, consoante categoria de veículo

TE_{Ge} – Energia Gerada no Período de Estudo

TINV – Investimento Total

TIP – Total de Potencia Instalada

YMP – Custo de Manutenção Anual

η - Eficiência de Conversão Energética

Índice de Tabelas:

Tabela 1: Plano de Trabalhos e objetivos. 16
Tabela 2: Resultados da ATE e ACB obtidos para o cenário base. 42

Índice de Figuras

Figura 1: NEXT-road, produto da Pavnext. 3
Figura 2: O Modelo de Desenvolvimento do Cliente. 17
Figura 3: Proposta de Valor: NEXT-Road. 45
Figura 4: Modelo de Negócio NEXT-Road. 47
Figura 5: Modelo 1: Adjudicação do Produto. 50
Figura 6: Modelo 2: Parceria Público-Privada. 51
Figura 7: Estratégia Comercial para o NEXT-Road. 60

1. Introdução

1.1 Enquadramento Geral

Em resposta ao compromisso estabelecido no Acordo de Paris e com os 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (United Nations, 2015, 2019), a transição para uma economia moderna, neutra de carbono e eficiente energeticamente consta uma das prioridades da União Europeia (UE) (European Commission, 2018). Como tal, os Estados-Membros da UE encontram-se sob uma política climática ambiciosa, sustentada em três Agendas climáticas (European Commission, 2018) – 2020, 2030, 2050. Desde o final da recessão económica em 2014, o consumo de energia na UE, tanto primária como final, tem aumentado, atingindo em 2017 valores de 1561,6 Mtep e 1122,8 Mtep, respetivamente – valores que não cumprem as metas para 2020 de consumo de energia primária de 1483 Mtep, nem do consumo de energia final de 1086 Mtep. Em 2017, 41% da energia consumida na UE foi derivada de petróleo, 22% de gás natural, 21% de eletricidade, e apenas 9% de renováveis (Eurostat, 2019). À luz das metas estabelecidas na Comissão de Juncker para a União Energética (2030), acresce a necessidade de aumentar a quota de produção sustentável, bem como otimizar o consumo energético europeu, especialmente nas áreas urbanas (European Commission, 2015a).

Na atualidade, verifica-se uma preocupação crescente nas zonas urbanas com a produção sustentável de energia, e seu posterior consumo não só eficiente, como inteligente (IEA, 2017). Simultaneamente, observa-se um relativo progresso no desenvolvimento de formas alternativas de providenciar energia elétrica renovável, nomeadamente, as tecnologias *Energy Harvesting* (Bcc Research, 2018; Probst *et al.*, 2017). A indústria da captação energética aplicada a pavimentos rodoviários representa todavia uma área de recente foco de investigação, contudo apresenta um enorme potencial (Duarte & Ferreira, 2016), pela captura e conversão de energia que de outra forma seria desperdiçada, e direcção da mesma para uma versatilidade de aplicações no ambiente urbano. Hoje, duas classes principais de tecnologias destacam-se neste meio: (1) pavimentos solares fotovoltaicos, que captam energia através da radiação solar (Papadimitriou *et al.*, 2019); e (2) pavimentos dinâmicos, que captam energia através da energia mecânica (piezoeléctrica, eletromecânica e hidráulica) dos veículos (Laumann *et al.,* 2017, Duarte *et al.,* 2017). A emergência de soluções inovadoras, como os pavimentos *Energy Harvesting*, que se dirigem às necissidades referidas, poderão encontrar uma forte oportunidade de mercado.

1.2 Apresentação da Entidade de Acolhimento e Produto

O tema a ser desenvolvido no presente Relatório de Estágio teve por base o trabalho realizado ao longo do Estágio Curricular na Pavnext, empresa *startup* tecnológica com atividade na UPTEC – Parque de Ciência e Tecnologia da Universidade do Porto. Fundada em 2017, com sede em Coimbra, a missão da empresa integra o desenvolvimento e fornecimento de "*soluções eficazes para promover a segurança rodoviária que, em simultâneo, promovem a sustentabilidade a nível ambiental, energético e económico*", bem como a sua contribuição para a conceção de cidades mais seguras, inteligentes e sustentáveis (Pavnext, 2019).

A solução da Pavnext consiste num dispositivo com tecnologia eletromecânica para implementação na superfície do pavimento rodoviário – NEXT-Road - que permite a produção de energia elétrica convertida a partir da energia cinética extraída da desaceleração dos veículos. A Figura 1 expõe uma imagem 3D representativa do produto descrito. O processo de captação de energia permite reduzir a velocidade dos veículos automaticamente, sem geração de ruido e impacto no veículo, não afetando da mesma forma o conforto dos ocupantes. A instalação de 20 metros do pavimento provoca a redução da velocidade dos veículos em cerca de 40%, o que equivale a que um veículo que circule a 50 km/h seja desacelerado para cerca de 30 km/h, sem nenhuma ação do condutor.

Cada veículo ligeiro é capaz de produzir até 5 Wh ao passar sobre uma aplicação de 20 metros NEXT-road, dependendo da sua velocidade. Isto significa que num local com apenas 1.000 veículos por dia, o sistema pode produzir 5,5 kWh por dia, o que equivale a 2 MWh por ano. Esta energia, obtida de forma limpa e renovável, pode ser utilizada em iluminação pública, alimentação de dispositivos elétricos locais (aplicações de segurança rodoviária, sinais de trânsito, radares de velocidade, entre outros), carregamento de veículos elétricos, e ainda injetada na rede elétrica. Adicionalmente, durante o processo de recolha e conversão de energia, o sistema da Pavnext possui a capacidade de gerar e monitorizar dados de tráfego (número de veículos, peso e velocidade), assim como dados a respeito da eficiência energética (produção, consumo energético, CO_2 evitado), e ainda dados ambientais recolhidos no local (luz, ruído, humidade, emissões de CO_2 e NO_x) que podem posteriormente ser armazenados numa *power box*, localizada fora do pavimento.

De ADN Português, o produto NEXT-Road foi projetado e desenhado de forma a constituir uma solução promotora da circularidade dos materiais, na medida em que cerca de 95% do

equipamento é constituído por materiais recicláveis (borracha de pneu reciclado e alumínio, componente base, que pode ser reciclado infinitamente), destacando assim uma economia circular no processo de produção. A solução foi testada para potenciar uma vida útil de cerca de 10 anos.

Atualmente, o produto classifica-se na posição 6 na escala TRL (*Technology Readiness Level*)[1], ou seja, a tecnologia já foi demonstrada em ambiente relevante e encontra-se numa posição próxima de entrada na fase comercial. O sistema da Pavnext encontra-se patenteado e publicado nacional e internacionalmente na World Intellectual Property Organization, sob o número WO 2018/154543 A1, referente a um dispositivo (produto) com aplicação no pavimento para recolha de energia mecânica proveniente dos veículos que se deslocam sobre este, para geração de eletricidade. Esta patente foi registada em 19 países de 4 continentes. O equipamento foi concebido inicialmente para ser preferencialmente instalado em zonas críticas de redução de velocidade, tais como imediações de passadeiras, rotundas, ou outros locais onde existe a necessidade de reduzir ou controlar a velocidade.



Figura 1: NEXT-road, produto da Pavnext. Fonte: Pavnext, 2019.

[1] European Commission, 2014. *G. Technology readiness levels (TRL).* Obtido em 1 de Dezembro de 2019 de https://ec.europa.eu/research/participants/data/ref/h2020/wp/2014_2015/annexes/h2020-wp1415-annex-g-trl_en.pdf

1.3 Objetivos de Investigação

O objetivo do estágio alicerça-se no desenvolvimento de uma estratégia para entrada no mercado nacional e europeu da empresa (e da sua tecnologia) nas áreas de *smart cities* e energia sustentável urbana. O produto da Pavnext, o NEXT-Road, insere-se no segmento de *Road Pavement Energy Harvesting* (RPEH), pertencente ao domínio do *Energy Harvesting*, hoje caracterizado como um mercado em constante crescimento na promoção de formas alternativas de providenciar energia elétrica (Bcc Research, 2018; Probst *et al.*, 2017; Duarte & Ferreira, 2016).

Contudo, tais tecnologias emergentes, consideradas como *first-of-the-kind*, carecem de estudos científicos aplicados, nomeadamente, do potencial de escalabilidade e posicionamento no mercado, assim como de impacto para as comunidades e respetivos contributos em torno do meio ambiente. Simultaneamente, dada a recente popularidade e foco na área, surge a questão de qual a procura existente para estas soluções, e pressupondo que haverá correspondência validada, de que forma este tipo de tecnologias se podem inserir no mercado atual, já por si bastante competitivo, uma vez que as tecnologias atuais encontram-se todavia em estágios de desenvolvimento (Duarte & Ferreira, 2016). Da mesma forma, a questão anterior é exacerbada pelo facto de, uma vez em contexto *startup*, o processo de escalabilidade é universalmente percebido como um processo mais difícil, pela carência inerente de recursos, quando comparado com grandes empresas, sendo por isso relevante estudar e proporcionar estratégias que permitam o sucesso no mercado (Winden & Buuse, 2017). O presente Relatório de Estágio propõe-se, assim, a aliar a teoria existente com a prática aplicada para debelar esta lacuna, bem como providenciar à empresa perspetivas de análise conceptuais que permitam enquadrar as suas atividades nesta fase do seu ciclo de vida.

Assim, o presente relatório dedica-se ao estudo dos processos de formação de mercado: quais as funções que o caracterizam e quais as suas envolventes influenciadoras que devem ser alinhadas para a inserção de uma tecnologia inovadora no mercado. Em paralelo, a exploração destas componentes será comparada e colocada em contexto com o desenvolvimento da indústria RPEH, ao mesmo tempo que serão identificados os contributos destas tecnologias no âmbito da sustentabilidade do setor energético urbano.

A presente investigação encontra-se dividida em 5 capítulos, apresentados abaixo de forma sintetizada.

Numa primeira fase, o tema do Relatório irá insurgir na determinação dos processos de formação de mercado, amplamente explorados na literatura de Sistemas de Inovação Tecnológica (TIS), e posterior potencial de escalabilidade deste tipo de soluções, no âmbito da produção e gestão energética sustentável urbana. O conceito de escalabilidade traduz-se no processo de crescimento e expansão de uma (pequena) empresa em várias dimensões – geográfica, institucional, social, tecnológico e organizacional (Uvin, 1995; Winden & Buuse, 2017). Tratando-se de uma situação na qual a empresa pretende dar entrada no mercado com o seu primeiro produto, ambas as questões de escalabilidade quer da empresa, como da própria tecnologia, se fundem. Para tal, foi elaborada uma revisão de literatura – capitulo 2 - relativa a dinâmicas de mercado na perspetiva de TIS (Hekkert *et al.*, 2007; Bergek *et al.*, 2008), bem como do estado-da-arte do mercado *energy harvesting*, e ainda será explorado o conceito de escalabilidade de soluções em contexto de cidades inteligentes e aspetos condicionantes do mesmo (Courabi *et al.* 2012; Winden & Buuse, 2017).

O capítulo 3 divide-se em seis secções, que descrevem, desenvolvem e enquadram as metodologias utilizadas ao longo do estágio com a literatura que alicerça o processo de investigação (literatura TIS), que inclui a elaboração de uma análise prospetiva do mercado real em que a tecnologia se insere; a determinação do valor percebido para o cliente; a segmentação e validação do cliente para a solução supracitada; um estudo técnico aprofundado sobre as capacidades do produto, com enfoque no setor energético e na demanda de descarbonização do setor; e, finalmente, a elaboração da estratégia de entrada de mercado. O capítulo 4 expõe e analisa os resultados obtidos, com enquadramento na literatura aplicada. Por último, o capitulo 5 reúne as conclusões alcançadas e responde em concreto às questões de investigação.

2. Revisão de Literatura

2.1 Sistemas de Inovação Tecnológica: Estrutura TIS

A inovação é fortemente adotada e apoiada por autoridades regionais e nacionais, assim como organizações internacionais (a exemplo, OECD e a União Europeia), que possuem um papel fundamental na estimulação e formação de sistemas de inovação. Um sistema de inovação define-se como um grupo de atores, redes e instituições que cooperam entre si para a função de desenvolver, difundir e introduzir novos produtos (bens e serviços) e processos para uso económico (Carlsson & Stankiewicz, 1991; Bergek *et al.*, 2008). Uma vez que o presente relatório aborda uma tecnologia inovadora, falamos de um Sistema de Inovação Tecnológica (TIS) (Bergek *et al.*, 2008). Os três agentes que compõem a estrutura TIS incluem: (1) os atores, empresas e organizações que representam o motor principal; (2) as redes, que surgem do resultado de ligações estabelecidas entre as várias componentes no âmbito de executar determinadas tarefas (aprendizagem, difusão, padronização, formação de mercado); e (3) as instituições, que representam a dimensão legal e cultural/tradicional que fortifica a estrutura política, económica e social num dado local. A literatura existente na conceção e edificação de TIS foca essencialmente os processos vitais para um novo sistema arrancar, crescer e conquistar *momentum*, identificando, para tal, sete etapas essenciais que devem ser cumpridas para a maturação bem sucedida de uma tecnologia emergente (Bergek *et al.*, 2008):

- *Desenvolvimento de conhecimento*: a base de conhecimento que irá compor o TIS. Constitui o estudo prévio que objetiva apreender o contexto global, e prever como as mudanças ao longo do tempo podem interferir ou combinar com o sistema;
- *Influência na direção de pesquisa*: se um novo sistema está a ser desenvolvido, então um conjunto de atores quererá entrar, a partir do pressuposto que há incentivos ou pressões suficientes para tal. Esta etapa caracteriza-se em perceber qual o panorama atual específico para a área em que o sistema se insere: tendências, apoios institucionais, concorrência (atores atuais, patentes);
- *Experimentação empreendedora*: uma nova tecnologia acarreta um nível de incerteza, sendo uma atividade crítica para a sua mitigação a execução de testes e aplicações que venham a (in)validar a operação da tecnologia em ambiente real;
- *Formação de mercado*: para um dado sistema inovador, poderá não existir ainda mercado, ou poderá estar pouco desenvolvido. Esta fase é decisiva, e é a que se

pretende ficar a entender se a tecnologia terá potencial de mercado, ou seja, se há uma carteira de clientes com valor percebido pela sua aquisição;

- *Mobilização de recursos*: para um TIS evoluir, um conjunto de recursos terá de ser reunido para o seu progresso sustentável, nomeadamente, recursos financeiros, humanos, parcerias, serviços complementares, entre outros;
- *Legitimação*: a legitimidade envolve aceitação social e conformidade com instituições relevantes. Uma tecnologia que seja considerada apropriada e desejada apresentará uma procura satisfatória, e assim, ganhará força política e captará a atenção de potenciais parceiros;
- *Desenvolvimento de externalidades positivas*: finalmente, para a contínua difusão de um sistema inovador, a geração de economias externas benéficas constitui um processo chave.

O procedimento das etapas iniciais é determinante como estrutura base para a construção e evolução sustentável de um mercado, um dos processos vitais no desempenho de TIS. Será aqui focado o processo de formação de mercado(s), geralmente incipiente em fases iniciais de novas tecnologias com potencial mais disruptivo.

2.2 Formação de Mercado

A emergência de um novo mercado desenrola-se em diferentes estágios de desenvolvimento, nomeadamente, a fase embrionária, a de transição, e crescimento em massa (Bergek *et al.*, 2008). Os mercados embrionários são bastante limitados em termos de tamanho e volume, caraterizando-se como um estágio de aprendizagem e busca de conhecimento com o objetivo de encontrar um "meio onde se fomar", e se bem sucedido, poderá dar lugar a um mercado de transição, maior e com um alargamento no número de atores no TIS. Finalmente, o crescimento em massa desse mercado poderá ser alcançado após algumas décadas da sua inicial formação. De modo a entender a sequência de formação de mercado, deve ser analisada literatura que envolva ambos os agentes motores de criação de mercado, como o desenvolvimento de mercados atuais.

Um estudo focado na formação do Mercado Fotovoltaico Alemão (Dewald & Truffer, 2012) veio especificar e realçar o papel da dimensão espacial e social no desenvolvimento da indústria solar fotovoltaica na Alemanha, líder europeia neste setor na atualidade (Solar Europe, 2019). Neste estudo, a estrutura utilizada, elaborada através da derivação do

processo de formação de mercado em três sub-processos – formação de segmentos de mercado, transições de mercado, e geografia do mercado - permitiu explicar as diferenças regionais na dinâmica de mercado, mais concretamente, em como a ligação de sistemas locais de mercado constituiu a base de construção de políticas promocionais, sem a qual a expansão igualitária de mercado teria sido improvável. O esquema *feed-in-tariff* [2] implementado em 2000, em conjunto com o programa "100.000 roofs", foi considerado o agente que espoletou a impulsão do mercado fotovoltaico na Alemanha. Contudo, foi o surgimento de grupos pioneiros de atores, denominados de iniciativas solares, que desempenharam um papel fundamental na fase embrionária de mercado, pela contribuição na elaboração de estruturas de suporte formais (leis, subsídios) e informais institucionais, desenvolvimento de segmentos de mercado, bem como preparação de terreno para outros grupos de atores, que providenciou a sustentação necessária para a formação e expansão do mercado fotovoltaico alemão bem-sucedida.

Outro estudo propôs-se a analisar a emergência do mercado eólico em Portugal, sobre o conceito de construção de um TIS em contexto *follower* (país subsequente, não pioneiro) e entendimento da dinâmica da expansão do mercado (Bento & Fontes, 2015). Quando se investiga este tipo de processos em países *followers* pode ser feita a distinção entre países que apenas importam a tecnologia, e países que desenvolvem indústria nacional no âmbito da produção manufatureira de equipamentos, sendo este o panorama verificado em Portugal. O seguinte estudo aplicou a mesma abordagem de formação e maturação de TIS mencionada anteriormente (Hekkert *et al*., 2007; Berjek *et al.,* 2008), e constatou que as duas etapas mais importantes na fase embrionária do mercado eólico em Portugal constituíram o desenvolvimento de conhecimento, caracterizado pela participação portuguesa em projetos de investigação internacionais e a experimentação empreendedora, pela implementação de projetos eólicos de pequena escala que permitiu o ganho que conhecimento aplicado – *learning-by-using* - assim como acompanhar o progresso tecnológico verificado no estrangeiro por países pioneiros (Dinamarca e Alemanha). Adicionalmente, as primeiras iniciativas proporcionaram a aceitação social, que mais tarde contribuiu para a legitimação do mercado. A transição do século XX para o século XXI marcou um período de crescimento acentuado

[2] *Feed-in-tariff* – também intitulado de Contrato de oferta padrão, trata-se de um mecanismo político projetado para acelerar o investimento em tecnologias de energia renovável. O seu funcionamento baseia-se na execução de contratos de longo prazo nos quais os produtores recebiam um montante fixo superior por kWh gerado (Couture & Gagnon, 2010).

no setor, motivado pelo alinhamento institucional e aprovação de métodos de remuneração atrativos (tarifas). Finalmente, o forte comprometimento pelo eixo político na promoção da criação de uma capacidade eólica e de um cluster industrial competitivo ao de países pioneiros veio estabelecer a absorção e adoção efectiva das tecnologias eólicas em Portugal, considerado como um *fast follower* no mercado eólico.

Ainda no contexto de formação de mercados, um estudo concentrado no surgimento de um novo segmento no campo das tecnologias ambientais urbanas veio desafiar e complementar a estrutura TIS (Hekkert *et al.*, 2007; Berjek *et al.*, 2008), com uma outra dimensão que estende o foco para a transmissão regional de experiência *know-how*. É sobre esta sinergia de perspetivas que a construção de mercado das tecnologias de reciclagem de água *on-site* (OTS) no setor urbano chinês, em Beijing, foi avaliada (Binz *et al.*, 2016). O segmento de OTS emergiu como uma tecnologia limpa e alternativa às tecnologias centrais convencionais de tratamento de águas residuais, pois acrescentam flexibilidade ao sistema pela sua estatura pequena, compatível para instalação descentralizada em edifícios (*on-site*) (Truffer *et al.*, 2013). Os primeiros sinais de atividade desta indústria situaram-se no final da década de 80, motivados por uma alteração na política da água pelo governo local de Beijing, que veio obrigar hotéis e edifícios públicos com dimensões significativas a introduzir instalações OTS. Em consequência, e dada a ausência de conhecimento no tema na época, as primeiras tecnologias OTS foram importadas do estrangeiro (Japão e UE), tendo-se originado um nicho de mercado – os hotéis – protegido pela regulação governamental. A transmissão de recursos extra-regionais na matéria provenientes da importação estrangeira veio mais tarde despertar o interesse de vários atores (empresas de engenharia, universidades e centros de investigação) para o desenvolvimento de produção e manufatura local, uma vez que havia uma necessidade clara para a conceção de tecnologias inovadoras que mitigassem o desperdício da água, motivo pelo qual a legitimação das OTS veio por acréscimo. A extensão da legislação de modo a integrar áreas residenciais contribuiu posteriormente para a fomentação do mercado, assim como a aposta no fortalecimento dos meios dedicados à investigação e comunicação das conquistas alcançadas colocaram Beijing na detenção de uma porção considerável da atual indústria OTS na China. Em suma, podemos caracterizar a evolução embrionária do mercado OTS em Beijing com uma fase inicial marcada pelo domínio extra-regional, que permitiu a aquisição e desenvolvimento de recursos e conexões que mais tarde foram cruciais na ancoragem e formação de recursos endógenos regionais e

sucesso de mercado. Para além disso, as caraterísticas de utilização distribuída da tecnologia, por oposição a modelos de provisão centralizados, apresenta evidentes semelhanças com a tecnologia alvo deste relatório de estágio.

Considerando os estudos destacados, compreende-se que a análise de formação e evolução de mercados fundada na estrutura TIS descreve de uma forma sucinta e linear as diferentes fases de desenvolvimento de mercado, as quais vão sendo desencadeadas pela contínua reunião e alinhamento de recursos necessários (ex.: capital humano e financeiro, relações externas) que co-evolvem com a formação de mercado. Neste sentido, coloca-se a questão da viabilidade de verificar correspondência deste sistema com o desenvolvimento de mercado para os pavimentos *energy harvesting*, uma tecnologia inovadora, que ambiciona desafiar o panorama energético atual. A seguinte secção irá abordar o estado-da-arte do mercado *energy harvesting* e inserção do mesmo na dimensão de *smart cities* e ainda identificar potenciais processos para a escalabilidade de soluções nesse contexto.

2.3 O mercado *Energy Harvesting*: Estado-da-arte

O mercado global da captação de energia foi estimado com o valor de $1,7 mil milhões de dólares em 2018, com o potencial de crescimento para $4,4 mil milhões em 2023, com uma taxa anual de crescimento a rondar os 20,2% no período 2018-2023 (Bcc Research, 2018). A técnica da captação de energia através de fontes externas constitui um dos mais promissores tipos de energias renováveis, na medida em que permite capturar energia não utilizada no meio envolvente e convertê-la numa forma mais útil, a qual pode ser direccionada para uma variedade de aplicações (equipamentos electrónicos, rede elétrica, iluminação, setor industrial e residencial). Este mercado tem sido, assim, incentivado pelas políticas verdes dirigidas à produção e consumo sustentável de energia, face ao paradigma energético. O mercado *energy harvesting* pode segmentar-se em tipo de tecnologia aplicada - termoeléctrica, piezoeléctrica, eletrodinâmica e fotovoltaica – sendo que em 2014 a participação de mercado atribuída a cada tipo foi de 46%, 21%, 19% e 12%, respectivamente (Probst *et al.*, 2017). Adicionalmente, as tecnologias de captação de energia podem ser divididas em dois grupos: macro *energy harvesting*, associadas pelas fontes solares, eólicas e oceânicas, que geram maiores quantidades de energia (na ordem dos kilojoules, kJ, ou mais); e micro *energy harvesting*, que reúnem as variações electromagnéticas, electroestáticas, calor, térmicas, assim como vibrações mecânicas, provenientes da acústica ou do movimento humano, caracterizadas por

outputs de energia na ordem dos joules, J, ou menos (Harb, 2010; Duarte *et al.*, 2017). A partir das tecnologias identificadas (Harb, 2010) podemos agrupar dois tipos específicos para implementação em vias rodoviárias: tecnologias fotovoltaicas que utilizam a radiação solar (Papadimitriou *et al.* 2019), e tecnologias dinâmicas que captam energia através da energia mecânica (piezoeléctrica, eletromecânica e hidráulica) dos veículos (Laumann *et al.*, 2017, Duarte *et al.*, 2017). As vias rodoviárias, assim como outras infraestruturas de transporte constituem um recurso promissor para o mercado *energy harvesting*, pela sua cobertura global extensa, que todos os dias é continuamente submetida a diferentes tipos de energia e stresses induzidos pelo trânsito, o que faz desta recente área de investigação uma indústria com elevado potencial (Duarte & Ferreira, 2016; Gholikhani *et al.*, 2019). A aplicabilidade destas soluções em ambiente urbano e o seu caráter inovador permite localizar-las no domínio das *smart cities*, com foque no setor energético, sendo este tema desenvolvido em seguida.

2.4 *Smart cities* e escalabilidade de soluções inovadoras

Estamos perante a quarta revolução industrial – a transformação digital – que tem vindo a reformar drasticamente o setor energético global (Schwab, 2017; IEA, 2017), e, analogamente, a indústria de captação energética (Probst *et al.,* 2017). O fenómeno da digitalização e emergência de tecnologias de informação e comunicação (TIC) constituiu palco para novos rumos no desenvolvimento sustentável, em destaque, a edificação de *smart cities* (Barba-Sánchez *et al.,* 2019). Este conceito surgiu na literatura como resposta aos desafios urbanos do século XXI, o qual carregou uma variedade de definições ao longo dos anos (Chourabi *et al.,* 2012; Praharaj & Han, 2019), sendo constante a referência de um local (cidade) onde os serviços tradicionais urbanos são conectados e renovados para uma forma mais eficiente, flexível e inteligente - que gera, interpreta e reage a informação – permitindo a criação de cidades mais habitáveis, competitivas e sustentáveis. Sobre esta ideologia, várias cidades têm vindo a tornar-se testemunhas da proliferação de projetos piloto que visam desenvolver e testar novas soluções que se dirijam a questões de sustentabilidade urbana, contudo, a dificuldade no sucedimento destas iniciativas é percebida como um problema universal (Carvalho, 2015).

É possível identificar uma oportunidade de mercado para a solução da Pavnext inserida no domínio energético das cidades inteligentes, na medida em que o produto proporciona um uso eficiente e inteligente da energia gerada, adaptando-a em resposta a necessidades emergentes no ambiente urbano (iluminação, rede, postos de carregamento), assim como

provisiona dados de monitorização energética, com utilidade para sistemas e companhias elétricas. Neste sentido, torna-se relevante analisar e entender fatores e condições que determinem o sucesso das iniciativas de cidades inteligentes, bem como análise dos processos de escalabilidade (*upscaling*) (Chourabi *et al.*, 2012; Winden & Buuse, 2017) que permitam a difusão das tecnologias.

O conceito de escalabilidade foi também discutido na literatura (Uvin, 1995; Cooley & Kohl, 2005), podendo ser traduzido como o processo de uma pequena empresa expandir de uma forma sustentável, quer de uma perspetiva geográfica, como institucional (inter)nacional (alinhamento das estruturas formais e políticas com o projeto), social (alcançar mais pessoas), e tecnológico (desenvolvimento de outros produtos, atividades). Com esta noção em mente, e baseado no estudo de Cooley e Kohl (2005), três processos de *uspscaling* são identificados no contexto de iniciativas de cidades inteligentes (Winden & Buuse, 2017): (1) *Roll-out* – inserir a solução num mercado existente, seja este destinado ao consumidor, ou para empresas; (2) Expansão – aquisição de novos parceiros, utilizadores ou funcionalidade para a solução, ou alargamento da área geográfica de alcance da solução; (3) Replicação – Replicar a solução num outro contexto, seja pela equipa original ou outra. Paralelamente, foram identificados um número de fatores condicionantes, externos e internos na execução do processo de escalabilidade (Chourabi *et al.*, 2012; Winden & Buuse, 2017). Em termos de fatores determinantes internos, destacam-se a tecnologia (solução) desenvolvida, e as competências da empresa (gestão de atividades, prospeção de economias de escala, conhecimento *know-how*). Por outro lado, em respeito aos fatores externos, estes por sua vez com mais poder de influência, salientam-se o eixo político (políticas, incentivos) e legislativo (institucional e standards), a dimensão económica, social, ambiental e tecnológica. Neste ponto, é possível verificar uma certa correlação e conformidade com o esquema TIS, na medida em que requer o alinhamento de componentes externos e estratégicos internos para o progresso de um mercado em formação.

Em suma, o aparecimento de soluções tecnológicas que se dirijam aos desafios de sustentabilidade da atualidade e, em específico, ao paradigma energético, enfrentam todavia um número de barreiras capazes de condicionar o desenvolvimento e difusão destas para o mercado real. O presente relatório compromete-se a explorar a capacidade e os processos de formação de mercado e potencial de escalabilidade dos pavimentos energy harvesting, a partir de um estudo de caso baseado no produto da Pavnext – NEXT-Road – sobre estas

dimensões concretas, que irão também incluir a identificação dos contributos que este tipo de inovações podem oferecer para a descarbonização de cidades.

2.5 Questões de Investigação

A aplicação da estrutura conceptual TIS (Hekkert *et al.*, 2007; Bergek *et al.*, 2008) constituiu o suporte base para a análise empírica e reflexão entre a prática do estágio e a teoria, sendo a ordem de grandeza desta análise – dirigida a "sistemas" – aplicada a uma tecnologia nova e disruptiva – o NEXT-Road – que, como tal, requer o alinhamento de vários sistemas socio-técnicos envolventes (mobilidade, energia, planeamento urbano) que proporcionem a sua penetração e difusão no mercado. Sendo o primeiro (e único, à data deste estudo) produto da Pavnext, que terá de debruçar-se sobre um mercado ainda em formação, foi considerado como representativo da indústria RPEH como um todo para a presente investigação. Desta forma, e tal como no estudo de Binz *et al.* (2015), foi realizada uma condensação das sete fases que compõem o TIS, inspirada em quatro processos chave caracterizantes do desenvolvimento e potencial de difusão para a solução em questão, que interagem entre si: (1) Desenvolvimento de Conhecimento; (2) Formação de Mercado; (3) Mobilização de Recursos; e (4) Legitimação da Tecnologia. Face a este quadro conceptual, levantam-se as seguintes questões que orientam o trabalho:

Q1: Qual o potencial de mercado dos pavimentos *energy harvesting*, no âmbito da produção e gestão energética sustentável urbana, e que processos devem ocorrer para a formação de mercado associado a esta tecnologia?

Pretende-se com esta questão explorar, face à literatura apresentada, se é expectável e de que maneira a formação de mercado e difusão dos sistemas RPEH depende do alinhamento das atividades representadas no TIS.

Q2: Quais os contributos das tecnologias *energy harvesting* aplicadas a pavimentos rodoviários para a descarbonização das cidades no setor energético?

Relativamente a esta questão pretende-se explorar se, considerando a tecnologia apresentada e o estudo das suas capacidades técnicas, nomeadamente, a capacidade de captação de energia ambiente (neste caso, a energia cinética extraída dos veículos) e sua conversão numa forma de energia útil (elétrica), quais os contributos (diretos e indiretos) que daí advêm para a edificação de cidades mais sustentáveis energeticamente, do ponto de vista ambiental.

3 Metodologia

3.1 Abordagem Metodológica

O escopo do relatório consiste em explorar a capacidade e os processos de formação de mercado e potencial de escalabilidade dos sistemas RPEH. A presente investigação segue uma abordagem canónica de Investigação-Ação (CAR) (Susman & Evered, 1978; Davison, Martinsons & Kock, 2004), onde o envolvimento nas atividades do estágio e o foco no objetivo organizacional da empresa – entrada no mercado nacional e europeu – irá colaborar para a geração de conhecimento, aplicação da teoria e a disseminação dos resultados para a comunidade científica. O termo "canónico" neste método de investigação é utilizado, segundo Susman & Evered (1978), para formalizar a associação de um modelo com uma sequência de processos iterativa, rigorosa, e colaborativa. A participação no estágio edificado pela Pavnext permitirá a promoção de um espírito de pesquisa compartilhada, assim como a realização de tarefas sistemáticas, definição de metas, planeamento de ações, e por fim, validação das mesmas. A sequência de atividades realizadas no estágio é apresentada na secção de Plano de Trabalhos (3.2). O rigor do método CAR deve-se a duas componentes chave: a primeira, pela iteração de ciclos de atividades cuidadosamente planeados e executados, de forma a que possa ser definida uma imagem detalhada do problema e, ao mesmo tempo, poder ser alcançada uma solução aproximada para esse problema; a segunda, pela relevância das atividades planeadas para o contexto compreendido, baseado num processo contínuo de diagnóstico (Davison, Martinsons & Kock, 2004).

Assim, a utilização da abordgem canónica de investigação-ação para a concretização do objetivo delineado pela Pavnext permitirá em paralelo o desenvolvimento e aplicação da estrutura conceptual TIS para o contexto da investigação – potencial de mercado da captação de energia no pavimento rodoviário – preenchendo desta forma o objetivo académico de informar, empregar e difundir a pesquisa.

A aplicação da estrutura conceptual TIS (Hekkert *et al.*, 2007; Bergek *et al.*, 2008) irá constituir o suporte base para a análise empírica e reflexão entre a prática do estágio e a teoria, sendo a ordem de grandeza desta análise.

3.2 Plano de Trabalhos

O estágio realizado na Pavnext teve a duração de oito meses, compreendidos entre outubro de 2019 e maio de 2020, e apresentou como objetivo principal o desenvolvimento de uma estratégia para entrada no mercado nacional e europeu da empresa nas áreas de *smart cities* e energia sustentável urbana. Em seguimento do propósito do método CAR, o envolvimento no estágio não cobriu apenas o cumprimento do objetivo organizacional especificado, mas também o desenvolvimento de teoria em torno do processo de formação e quantificação do potencial de mercado relativo aos sistemas RPEH, escopo da presente investigação. O plano de trabalhos, correspondente à aliança entre a teoria (TIS) e a prática (atividades realizadas no estágio), encontra-se apresentado na **Erro! A origem da referência não foi encontrada.**. A condensação e adaptação da análise da estrutura TIS para uma perspetiva empresarial permitirá entender de uma forma mais simplificada a capacidade de formação de mercado para a tecnologia NEXT-Road, assim como o seu potencial de escalabilidade.

Em respeito à dimensão prática, as atividades elaboradas ao longo do estágio curricular na Pavnext estão divididas em 6 secções, apresentadas abaixo de forma sintetizada.

Fases TIS	Secção	Objetivo	Métodos Utilizados
Desenvolvimento de Conhecimento	Análise de Mercado Externa	. Entendimento do contexto atual . Mapeamento do ecossistema da Pavnext . Posicionamento no mercado face às empresas existentes	. Análise PESTEL . Análise de Concorrência . Análise 5 Forças de Porter
Formação de Mercado	Estudo de Mercado: Lógica do Cliente	. Descoberta e validação do Mercado (cliente)	. Segmentação de Clientes; . Hipóteses: *Value Proposition Canvas* . Validação das hipóteses: entrevistas
	Elaboração da Proposta de Valor	. Desenvolvimento da Proposta de Valor	. Análise Técnica e Económica . Análise Custo-Benefício
	Elaboração dos Modelos de Negócio e Validação do Cliente	. Organização dos fatores essenciais para a relação com o Cliente	. Preenchimento *BM Canvas* . Validação do cliente: entrevistas

		. Determinação do potencial de formação de mercado	
Mobilização de Recursos	Desenvolvimento dos Modelos de Negócio	. Organização dos fatores essenciais para a operação do Modelo	. Preenchimento *BM Canvas*
	Elaboração do Plano Estratégico *Go-to-Market*	. Quantificação do tamanho de Mercado . Obter perspetivas de crescimento comercial . Elaboração Estratégia *Scale-up*	. Análise TAM SAM SOM . Definição da Estratégia Comercial
Legitimação da Tecnologia	Estudo de Impacto SETA	. Análise dos contributos da tecnologia . Comprovar potencial de legitimidade	. Análise quantitativa e qualitativa dos efeitos Sociais, Económicos, Tecnológicos e Ambientais provocados

Tabela 1: Plano de Trabalhos e objetivos. Elaboração própria

3.2.1 Análise de Mercado Externa

O produto da Pavnext pretende inserir-se no domínio das cidades inteligentes e energia sustentável urbana. Neste sentido, e como em qualquer ideia de negócio, a validação da mesma deve principiar por uma análise de mercado externa sobre estas dimensões concretas, por forma a obter uma visão global dos fatores externos (macro-ambientais) e áreas de interface com a empresa. Para este efeito, a ferramentas utilizada foi a Análise PESTEL (Collins, 2010). Adicionalmente, foi avaliada a força competitiva da empresa (produto) face a outras soluções existentes, assim como a sua atratividade, com intuito final de medir o posicionamento estratégico empresarial no mercado. Sobre este conceito, as ferramentas utilizadas foram a Análise de Concorrência e Análise das 5 Forças de Porter (Kotler & Keller, 2011). A partir da concretização das análises descritas no presente capítulo, pretende-se obter um diagnóstico do contexto atual onde a empresa se insere – *smart cities* e energia sustentável urbana – com identificação de barreiras e oportunidades, assim como um desenho de um mapa do ecossistema envolvente à Pavnext, e ainda estimar o potencial de posicionamento no mercado face à competição existente.

Esta etapa enquadra-se no desenvolvimento de conhecimento, a função que constitui o centro do TIS (Bergek *et al.,* 2008) que endereça à formação de uma base de conhecimento global (macro-ambiental) e no entendimento de como um dado TIS local – neste caso, a inovação da Pavnext – pode apresentar um bom desempenho e evolução face ao panorama estudado. Em similaridade com a estrutura de sistemas de inovação, a reunião de conhecimento elaborada para a presente investigação envolveu um conjunto distinto de matérias: científica, tecnológica, política, legal, logística de mercado, entre outras.

3.2.2 Estudo de Mercado – Lógica do Cliente

O processo do estudo e desenvolvimento do cliente não é substituível pelas atividades realizadas no desenvolvimento do produto, devendo ser realizado em paralelo com este (Blank, 2007). Em contexto *startup*, a aplicação de um conjunto de atividades centradas na perspetiva do cliente é fulcral para a definição e compreensão do mercado onde o produto pretende inserir-se, e acima disso, verificar se a solução desenvolvida responde aos problemas e requisitos destacados nesse mercado. Assim, para o presente capítulo de estudo de mercado pela lógica do cliente, foi aplicado o modelo de Desenvolvimento do Cliente, criado por Blank, 2007, apresentado na Figura 2. Este modelo assenta em quatro etapas essenciais: a Descoberta do Cliente (*Customer Discovery*), a Validação do Cliente (*Customer Validation*), a Criação do Cliente (*Customer Creation*) e Construção da Empresa (*Company Building*). Tendo em conta a fase atual do ciclo de vida na Pavnext, que ainda não alcançou o estágio comercial com o seu produto, foram apenas executadas as primeiras duas etapas do modelo de Blank., ou seja, a descoberta e validação do cliente.

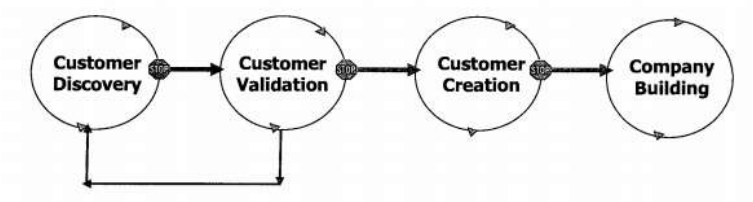


Figura 2: O Modelo de Desenvolvimento do Cliente. Fonte: Blank, 2007

O principal objetivo do *Customer Discovery* remete ao que o próprio nome indica: identificar ("descrobrir") quem são os clientes para o produto em desenvolvimento, e se o problema a que se pretende direcionar é importante para eles. Esta dinâmica envolve a criação de hipóteses face ao cliente e ao seu problema, e verificar não só se estão corretos, mas também se o produto consegue resolver-los. Para a execução das atividades neste capítulo foi alargado

o raio de análise por forma a albergar todas as características do produto, ou seja, o desenvolvimento do cliente teve em conta não só a capacidade de geração de energia limpa do pavimento (foco da presente investigação), mas também a componente dirigida à segurança rodoviária (uma vez que o sistema provoca a desaceleração autónoma do veículo) e mobilidade sustentável (pela promoção à utilização de modos suaves de mobilidade elétrica).

A primeira ação realizada no âmbito do *Customer Discovery* consistiu na segmentação de potenciais clientes que poderiam beneficiar da aquisição do produto da Pavnext, e identificação do *Top 5,* através da definição de uma escala. A elaboração da escala envolveu características do cliente de interesse para a empresa (ex.: tamanho; capacidade de pagamento), assim como a correlação das características do produto com a atividade cliente (ex.: atividade relacionada com energia; relevância da segurança rodoviária). Em seguida, de modo a perceber o(s) "problema(s)" do cliente e se o produto da Pavnext proporciona solução, deu-se a formulação de hipóteses com auxílio da ferramenta *Value Proposition Canvas* (anexo nº1) (Osterwalder *et al.,* 2014). Este esquema permite a descrição detalhada do perfil do cliente – as suas *jobs* (atividades), *pains* (riscos, obstáculos, efeitos negativos) e *gains* (benefícios, resultados positivos que pretendem alcançar) – e a sua correlação com o que o produto/serviço em questão pode oferecer – *pain relievers* (como o produto/serviço pode aliviar as *pains* do cliente) e *gain creators* (como o produto/serviço pode proporcionar *gains* ao cliente). Esta tarefa constitui também uma fundamentação base para elaboração da Proposta de Valor da empresa, matéria a ser abordada na secção seguinte.

O objetivo do *Customer Discovery* é verificar se há clientes e um mercado para a visão da empresa. Para tal, além da formulação de hipóteses, foi seguida a metodologia de Blank (2007) "*fora do edifício*", ou seja, procedeu-se à realização de entrevistas para a validação das hipóteses elaboradas. O questionário foi formulado com base em Osterwalder *et al.* (2014) e na plataforma Medium (2019), encontrando-se presente em anexo (anexo nº2). No âmbito da investigação, apenas um segmento de cliente identificado foi entrevistado, nomeadamente, as entidades públicas Municipais. Este manifesta-se como um segmento relevante, dado o aumento de atividade que hoje se verifica por parte destas organizações no envolvimento de startups com a finalidade de experimentação tecnológica e inovação urbana (van Winden & Carvalho, 2019). Para a execução do processo *Discovery*, foram contactados apenas os municípios com maior proximidade à área do Porto, incluídos na rede nacional de

cidades inteligentes (Forum das Cidades, 2016). As entrevistas foram realizadas aos municípios de Braga, Esposende, Maia, Matosinhos, Santo Tirso, Valongo e ainda Lisboa. As entrevistas tiveram uma duração entre 45 a 60 minutos, e foram conduzidas pela autora do relatório, juntamento com Mariana Aguiar, colega de equipa, e Francisco Duarte, CEO da Pavnext. A sua realização deu-se nas instalações dos municípios, gravadas e transcritas. Informações detalhadas sobre o perfil dos entrevistados encontram-se em anexo (nº2).

Na emergência de uma nova tecnologia, o mercado pode não existir ou estar bastante subdesenvolvido (Hekkert *et al.*, 2007; Binz *et al.*, 2016). No processo de formação de um mercado – nicho – os atores dependem de recursos que geralmente encontram-se num contexto espacial específico, ou seja, a uma escala local (Dewald & Truffer, 2012). A criação de um mercado nicho exige a identificação de quem são os utilizadores de um dado TIS, como funcionam os seus processos de compra, se os seus perfis de procura são articulados no presente, e por quem, e se há estimulos institucionais ou se é necessária mudança neste sentido (Bergek *et al.,* 2008). É sobre estas questões que as atividades incluídas no desenvolvimento de cliente pretendem dar resposta, e posteriormente entender se há condições para o desenvolvimento de mercado para a tecnologia NEXT-road. Uma vez completada a análise, segue a questão de "como poderá ser vendido o produto" aos segmentos diferenciados, e sobre que modalidades poderá tomar o processo de compra, tema a ser explorado nas secções seguintes.

3.2.3 Elaboração da Proposta de Valor

O foco alvo da presente secção constitui a elaboração da proposta de valor da Pavnext. Por proposta de valor entende-se pelo valor substancial de um produto/serviço que a empresa oferece a um cliente-alvo, pelo qual o cliente está disposto a pagar. A proposta de valor de uma empresa constitui a componente chave do negócio, devendo esta ser atrativa para usuários e clientes, permitir a obtenção de economia de custos e/ou contribuir para a geração de receita (Osterwalder, Pigneur & Tucci, 2005). Assim, uma vez que o cerne da investigação assenta na capacidade de geração de energia elétrica limpa do pavimento, e na componente de geração e monitorização de dados, a proposta de valor da Pavnext será também fundamentada nestas valências. No final da revisão de Duarte e Ferreira (2016), uma das principais lacunas distinguidas foi a ausência de dados económicos disponíveis sobre as tecnologias RPEH, devido ao seu estado imaturo de desenvolvimento. No setor de produção de energia, os aspectos técnicos não são apenas críticos para a aceitação e o uso de uma nova

tecnologia, mas também para sua implementação em escala considerável, sendo o outro aspeto crítico a viabilidade econômica, especialmente na indústria da energia renovável, que representa o maior desafio (Carley, 2009; KPMG, 2015).

Para a construção da proposta de valor, foi elaborado um modelo de Análise Técnica e Económica (ATE), bem como uma Análise de Custo-Benefício (ACB) para o sistema da Pavnext, com recurso ao trabalho de Duarte (2017), o qual foi revisitado de modo a adquirir bases científicas, bem como extrapolar premissas e fórmulas matemáticas para o desenvolvimento da ATE e ACB. O cenário considerado foi o cenário de auto-consumo, que permite reconhecer o valor económico de cada kWh fornecido para uma aplicação energética do cliente.

Seguindo a estrutura do trabalho de Duarte (2017), a avaliação económica de um sistema RPEH, como em qualquer outra unidade de produção, requer o alcance de três parâmetros principais - o fator de capacidade (CF), o preço por watt instalado (PPW) e o custo nivelado de eletricidade (LCOE). Este último representa o principal fator para medir o potencial económico de uma unidade de produção energética.

3.2.3.1 Análise Técnica e Económica

De modo a analisar os aspetos técnicos e o desempenho de um sistema RPEH, é importante estimar os dados de tráfego de uma determinada superfície rodoviária, pois a fonte de energia desses sistemas depende da energia mecânica dos veículos em movimento sobre a mesma. Assim, pode reconhecer-se que o AADT, que representa o tráfego diário médio anual, medido para todas as faixas de rodovia de um determinado espaço, é um dos parâmetros mais significativos.

Ao longo de um dia, é razoável assumir que existem diferentes tipos de veículos que, por sua vez, libertam quantidades diferentes de energia, sendo que, quanto mais pesado for o veículo, maior é a quantidade de energia libertada. Portanto, foram consideradas quatro categorias diferentes, de acordo com o peso, assim como em Duarte, 2017. No que diz respeito aos aspectos técnicos do dispositivo RPEH, precisamente, a eficiência de conversão do dispositivo (η), a energia gerada por cada categoria de veículo pode ser definida combinando a eficiência de conversão com a quantidade média de energia liberada por cada categoria de veículo (ERVcat). Para a presente investigação, os valores utilizados foram calculados

previamente a partir do *software* desenvolvido por Duarte *et al.* (2018), possibilitando a quantificação a energia libertada por cada tipo de veículo, juntamente com a distribuição de tráfego de cada categoria para uma faixa específica (TDcat). Além disso, a evolução anual do tráfego (ATE) foi tomada em consideração em relação à duração do projeto, uma vez que altera as variáveis dependentes do tráfego acima referidas.

Uma unidade RPEH pode ser definida quer pela sua potência instalada ou pelo número de metros de equipamento. Nesse sentido, os *inputs* considerados são o número de metros de dispositivo RPEH instalados (NMP), a potência instalada por unidade RPEH (IPM) e a largura da superfície do módulo (EHW). A partir dos parâmetros mencionados, o número total de unidades instaladas (NMI) do pode ser extrapolado dividindo o EHW do NMP e a potência total instalada (TIP) pela multiplicação da IPM com o NMI.

Em Duarte (2017), vários cálculos foram ditados e sequenciados de modo a extrapolar a energia total gerada por ano (AEG), e no período total de estudo (TEge), pelo sistema RPEH, com base nas relações entre as variáveis anteriormente descritas. Neste sentido, a seguinte equação (1) foi desenhada através da decomposição e assimilação das fórmulas de Duarte (2017), e permite a determinação do AEG. A equação 2 permite a obtenção da quantidade total de energia gerada no projeto.

$$AEG_y = \sum_{cat=1}^{4} NMI \times \frac{\left(\frac{AADT}{NL}\right) \times (TD_{cat} \times (1 + ATE)^y) \times (\eta \times ERV_{cat})}{3{,}600{,}000} \times 365 \quad (1)$$

$$TE_{Ge} = \sum_{y=1}^{YRS} AEG_y \quad (2)$$

Em respeito à análise económica, alguns parâmetros importantes devem ser levados em consideração, tais como o preço por módulo (PPM), excluindo impostos, o preço de instalação por módulo (ICPM), o preço de equipamento extra, que inclui equipamentos externos, como o conversor de energia, unidades eletrónicas e de armazenamento e o inversor (EEP), outros custos envolvidos, como projeto de instalação, seguros e impostos (OCI) e finalmente o preço de manutenção anual por módulo (YMP), em conjunto com a inflação anual (INF). Ao contrário do YMP, que sofre variação ao longo dos anos, o PPM, ICPM, EEP e OCI são essencialmente custos fixos. Com base nos custos fixos, é possível determinar o investimento inicial para o dispositivo RPEH (CAPEX), enquanto os custos

anuais de manutenção (OPEX) são derivados dos custos variáveis. A soma de ambos traduz-se no investimento total do projeto (TINV) no período de vida útil (equações 5, 6, 7 e 8, anexo nº3).

Finalmente, a estimativa dos parâmatros chave (CF, PPW e LCOE) foi obtida, através da aplicação das equações de Duarte (2017), presentes em anexo (nº3) (equações 4, 9 e 10).

3.2.3.2 Análise Custo-Benefício

De forma a agregar valor à ATE e fornecer detalhes adicionais relacionados ao impacto financeiro e económico do projeto, foi realizada a ACB. De acordo com o escopo da investigação, a ACB para o referido sistema de produção de energia renovável será aplicada para um cenário de autoconsumo (SC), que permite o reconhecimento do valor económico de cada kWh fornecido para uma aplicação energética do cliente.

Na aplicação de autoconsumo, são necessárias as seguintes variáveis para executar a ACB: o preço pelo qual o cliente compra a energia elétrica ao operador de eletricidade e a inflação anual do preço da energia (SCEI), que combinados formam o preço de energia atualizado ao longo do período de estudo (SCEP), e o consumo anual de energia da aplicação elétrica destino (SCYCE). Assim, conhecendo a energia total gerada pelo sistema RPEH (TE_{Ge}), é possível determinar o percentual de contribuição energética (SCPC) para suprir a aplicação elétrica. Em anexo (nº3) encontram-se as fórmulas de Duarte (2017) para o cálculo destes parâmetros (equações 12 e 13).

Paralelamente, outros parâmetros significativos a serem estimados na ACB são o ROC, retorno de capital ou *payback time*, o valor atualizado líquido (VAL) e a taxa interna de retorno (TIR), parâmetros que fornecem informações financeiras úteis para a avaliação da viabilidade. de projetos. Os parâmetros referidos podem ser calculados pelas equações 16, 17 e 18, em anexo (nº3), respetivamente, as quais foram aplicadas para a presente investigação. Contudo, primeiro, é necessário calcular os fluxos de caixa anuais (CFLO), e atualizados (CFLOU) para atingir essas métricas (equações 14 e 15).

Por fim, foi desenvolvida uma equação principal integrada que reúne a ATE com a ACB. A fórmula projetada permite a determinação da economia total do projeto na sua vida útil. Com base no modelo integrado desenvolvido, foi realizada uma análise de sensibilidade. Esta metodologia permite a identificação das variáveis críticas dentro de um modelo matemático,

sob um determinado conjunto de premissas, ou seja, neste caso, permite identificar quais as variáveis que mais influenciam a economia de um projeto RPEH. A análise de sensibilidade elaborada estudou variações decrescentes de 1% e 10% e variações crescentes de 1% e 10% para as seguintes variáveis - AADT, η, TINV, CAPEX, YMP, PPM, ICPM, e SCEP - a partir de um cenário base.

$$Economia\ total = \sum_{y=1}^{YRS} AEG_y \times \left[\left(SCEP^{y-1} \times (1 + SCEI)\right)\right] - TINV \qquad (3)$$

Para esta secção, de forma a realizar uma ATE e ACB diversas, vários cenários foram considerados. A seleção das premissas foi baseada em alterações por meio das variáveis críticas identificadas na análise de sensibilidade. Os valores iniciais utilizados para o exercício das simulações foram retirados do estudo de Duarte (2017), sendo que alguns foram atualizados face a dados atuais disponibilizados pela Pavnext. Os valores referidos encontram-se em Anexo (nº4).

3.2.4 Elaboração dos Modelos de Negócio e Validação do Cliente

Segundo Osterwalder, Pigneur e Tucci (2005), um modelo de negócio representa, de uma forma geral, como a empresa os seus negócios – é uma "*descrição do valor que uma empresa oferece a um ou vários segmentos de clientes e da arquitetura da empresa com a sua rede de parceiros para criar, comercializar e fornecer esse valor e capital de relacionamento, de modo a gerar fluxos de receita rentáveis e sustentáveis*". A construção de um modelo de negócio engloba o desenvolvimento de vários componentes, os quais estão destacados e incorporados no *Business Model Canvas*, uma ferramenta desenhada para ajudar a formular modelos de negócio de uma forma simples, visual e eficiente (Osterwalder *et al.,* 2014). O *Business Model Canvas* está segmentado em duas secções distintas: à esquerda da proposta de valor, os blocos dirigem-se à formação da infraestrutura do modelo e quanto iria custar à empresa a sua execução, enquanto os blocos à direita destinam-se ao cliente, e como pode a empresa gerar receitas a partir do negócio com os clientes segmentados.

Assim, o objetivo da quarta secção traduz-se no desenvolvimento de um (ou mais) modelos de negócio para a tecnologia NEXT-Road, através do preenchimento do esquema descrito. A segmentação deste em dois blocos distintos proporciona a sua análise sob duas perspetivas da estrutura concetual TIS: o lado do cliente ligado à Formação de Mercado, e o lado da

infraestrutura do modelo ligado à Mobilização de Recursos. Para a validação do cliente perante o(s) modelo(s) desenvolvido(s), foi executada pela mesma forma que a validação das necessidades do cliente na segunda secção, ou seja, através de entrevistas realizadas a entidades Municipais, onde este era apresentado, desta vez incluindo entidades Municipais estrangeiras, de modo a estudar também o potencial da solução (e do seu modelo de negócio) no mercado europeu. O questionário praticado encontra-se no Anexo nº5, juntamente com o perfil dos respondentes. O exercício da validação do cliente nesta fase constitui o ponto crítico da investigação, uma vez que é com base nas conclusões retiradas das entrevistas que se define o potencial de formação de mercado para a tecnologia supracitada. Traduz-se, também, na etapa onde a abordagem de Investigação-Ação é mais relevante: até aqui, as etapas anteriores fundamentaram-se num estudo abrangente das várias dinâmicas, interconexões e interdependências no ecossistema onde se posiciona a Pavnext, e de que forma podem as idiossincrasias do seu produto ser aproveitadas, que em conjunto sustentaram a abordagem tomada no momento de intervenção – as entrevistas – que por sua vez desencadeia a reflexão e aprendizagem necessária para determinar se o projeto deve ser continuado (Davison, Martinsons & Kock, 2004).

3.2.5 Elaboração do Plano Estratégico *Go-to-Market*

A estratégia *Go-to-Market* representa um plano no qual uma organização, a partir dos seus recursos internos e externos (por exemplo, vantagem técnica e parceiros distribuidores), entrega a sua proposta de valor única ao cliente e alcança vantagem competitiva. O plano centra-se em como vai a empresa colocar a sua oferta no mercado e ganhar penetração, assim como perspetivas de renda e lucro (Friedman, 2002; Vieira & Silva, 2019). A presente secção retrata o objetivo principal do estágio – o desenvolvimento de uma estratégia de entrada nos mercados nacional e europeu para a Pavnext e seu produto NEXT-Road – sendo que, para o âmbito da investigação, o desenvolvimento da estratégia comercial da empresa veio colaborar com a identificação e concentração dos recursos necessários à implementação e difusão de um sistema inovador (etapa da Mobilização de Recursos - Bergeck *et al.,* 2008).

Aquando a elaboração da estratégia para a entrada de mercado, é fundamental que se comece e alicerce no cliente, e por isso, a primeira tarefa executada para esta secção foi a Análise TAM-SAM-SOM (Vieira & Silva, 2018). A referida análise permite avaliar o potencial de mercado para um dado produto ou serviço, através da quantificação do tamanho do mercado

em três grandezas – *Total Available Market* (TAM); *Serviceable Available Market* (SAM); *Serviceable Obtainabke Market* (SOM) – resultantes do contínuo exercício de *targetização* do cliente. A obtenção do mercado obtenível (SOM) contribui com a estimativa do número médio de clientes, informação preciosa para declarar o potencial de implementação e posterior difusão do produto.

Uma vez compreendido o mercado e estudado o cliente, a etapa seguinte constituiu a projeção de um plano de vendas e definição de metas comerciais. A escala temporal considerada foi os primeiros cinco anos de atividade comercial da Pavnext (de 2021 a 2025), com o NEXT-Road como único produto da empresa. A definição da estratégia comercial acompanhou o processo de elaboração do plano de vendas.

3.2.6 Estudo de Impacto SETA

A legitimidade de um TIS, finalmente, requer o alinhamento e envolvimento de vários atores e partes interessadas relevantes (Bergek *et al.*, 2008; Binz *et al.*, 2016). Um sistema inovador que não esteja alinhado com os desígnios de instituições reguladoras, normativas e cognitivas de um determinado local, será confrontado com uma elevada incerteza quanto à aceitação por parte do usuário. Neste sentido, de modo a comprovar que a tecnologia NEXT-Road está em linha com os ideais políticos e institucionais impostos na atualidade, assim como oferece características desejáveis, foi desenvolvida para a sexta e última secção do plano de trabalhos uma Análise de Impacto SETA.

A referida análise, efetuada de forma quantitativa e qualitativa, foi executada de modo a estimar o impacto que a tecnologia desenvolvida pela empresa irá potenciar em dimensões sociais (S), económicas (E), tecnológicas (T) e ambientais (A), no âmbito dos sistemas energéticos descentralizados e limpos (este, com maior ênfase), bem como da mobilidade sustentável, englobando a vertente da segurança rodoviária e mobilidade elétrica. Esta análise constitui, portanto, um elemento essencial para a legitimação e aceitação da tecnologia por parte não só do cliente, como da sociedade beneficiária e outros atores externos, e simultaneamente, para a exploração e diagnóstico dos contributos que as tecnologias de captação energética aplicadas a pavimentos rodoviários podem proporcionar às cidades.

4 Análise de Resultados

4.1 Análise de Mercado Externa

4.1.1 Análise PESTEL

A Análise PESTEL tem como objetivo detetar e entender as forças externas (não controláveis) para um dado produto na sua área de atuação, sendo muito utilizada em contexto empresarial (Collins, 2010). Esta constitui uma ferramenta de estudo prévio e com análise direcionada para as seis dimensões influenciadoras que permitem traçar e documentar o ambiente externo ao negócio – Política, Económica, Social, Tecnológica, Ecológica e Legal. Em Anexo (nº6) encontra-se a Tabela representativa da análise efetuada com base no produto NEXT-Road e no setor em que se insere – cidades inteligentes e energia sustentável.

A partir da reunião da informação sintetizada na referida tabela, traçou-se o macroambiente envolvente da tecnologia em estudo, no qual identificou-se o panorama político e legislativo, em particular da UE, como o principal agente impulsionador de mudança em diversos pilares, entre eles a ação climática, transição e acessibilidade energética, transformação digital e conceção de cidades e comunidades inteligentes, áreas inerentes ao projeto da Pavnext. Em semalhança, o crescimento verificado na economia verde e digital e a própria situação de dependência energética em que a Europa se encontra representam também oportunidades de desenvolvimento nestas áreas (European Commission, s.d.b.; European Commission, 2015b; Eurostat, 2019a). A economia é um dos principais motores da inovação, e efeitos diretos dessas iniciativas são a emergência de novos negócios e mercados. A evolução do mercado *Energy Harvesting* e outros mercados interligados com a tecnologia NEXT-Road – mercado das energias renováveis, *smart cities*, iluminação - refletem o elevado potencial de tecnologias disruptivas como esta.

Concentrando na dimensão social e ambiental, o crescimento populacional previsto para as áreas urbanas da UE acarreta novos desafios sociais e tecnológicos para satisfazer suas necessidades básicas de maneira sustentável e otimizada (Eurostat, 2019a). A emergência climática e ambiental que hoje assistimos vem exacerbar este problema, com os setores da energia e do transporte como os que mais contribuem para a emissão de CO_2 e GEE para a atmosfera (WHO, 2018a; IPCC 2018; European Commision, 2019c). Face a este problema global, e em resposta aos desígnios da UE, existem três áreas fundamentais e prioritárias a

ser promovidas na atualidade que marcam as tendências tecnológicas (IEA, 2017) - produção sustentável, melhoria das infraestruturas e eficiência energética – novamente, áreas correspondentes com a solução supramencionada.

Com base nesta análise, depreendeu-se que o ambiente envolvente ao NEXT-Road não só se apresenta como favorável, como também oportuno ao desenvolvimento de tecnologias inovadoras que se enquadrem com os problemas atuais. Neste ponto, é relevante ressaltar que o próprio contexto global tem tido em parte responsabilidade pelo desenvolvimento de sistemas de inovação, nomadamente as energias renováveis (Bento & Fontes, 2015). Concretamente, em Portugal, o impulsionamento do setor eólico proporcionou-se após a promulgação de legislação que promovia a geração independente de energia a partir de fontes renováveis endógenas, derivada da mudanças no contexto político em linha com o Protocolo de Kyoto (United Nations, 2020), e ainda a redução já verificada nos custos de investimento e operacionais.

4.1.2 Análise de Concorrência

De modo a avaliar a força competitiva do produto, bem como efetuar uma análise mais completa do estado-da-arte para as tecnologias de captação energética aplicadas a pavimentos, foi conduzida uma análise de concorrência que teve como intuito comparar as características técnicas entre a solução da Pavnext e as soluções rivais. Para tal, foram identificados concorrentes diretos (tecnologias *energy harvesting*) e indiretos (produtos substitutos). A análise dos dados ocorreu sob forma qualitativa e quantitativa, e os resultados estão presentes em anexo (nº7 e nº9 respetivamente)

Do ponto de vista técnico para a concorrência direta (anexo nº7), observou-se que o maior número de concorrentes ao NEXT-Road são tecnologias ainda em fase de desenvolvimento e consolidação, sendo as restantes que já alcançaram a fase comercial – Pavegen e Energy Floors – pouco competitivas em termos de geração de energia, pois captam energia através dos passos humanos (Pavegen, 2020; Energy Floors, 2020). Relativamente às tecnologias concorrentes fotovoltaicas, verificou-se que a eficiência destas não é todavia satisfatória em comparação com a eficiência garantida pelo sistema da Pavnext, que em adição não é dependente das condições climatéricas, ao contrário das anteriores. Ao mesmo tempo, denotou-se que muitas destas tecnologias não permitem o armazenamento da energia captada, tendo esta de ser injetada na rede pública ou então utilizada para consumo imediato.

Da mesma forma, conclui-se que a maioria dos equipamentos não possui a componente de monitorização de dados relevantes para o sistema elétrico, retirando assim a hipótese de atuarem como um mecanismo inteligente.

Em contexto de concorrência indireta ao produto da Pavnext, o principal substituto identificado foram as tecnologias de microgeração em sentido de produção descentralizada. O conceito da produção descentralizada de energia tem vindo a ganhar reconhecimento, estando diretamente relacionado com a geração de energia local e sua conexão direta com o consumidor final, permitindo assim uma otimização na transmissão e consumo de eletricidade (IRENA, 2019a). Hoje, várias soluções deste caráter surgem no âmbito urbano, estando algumas caracterizadas no anexo nº8, sendo a microgeração eólica e solar as mais presentes e maduras.

Após a identificação dos concorrentes indiretos à solução da Pavnext, procedeu-se a uma análise quantitativa, que pretendeu quantificar a semelhança e aproximação da proposta de valor das soluções atuais concorrentes (diretas e indiretas) ao NEXT-Road. Em anexo (nº9) está apresentada a análise quantitativa elaborada, sendo a tabela no anexo nº10 representativa da escala utilizada, com especificação dos pressupostos tomados (ver Nota 1). Neste processo, foram comparadas as seguintes capacidades técnicas: (1) geração de energia elétrica renovável; (2) geração de energia elétrica renovável independente das condições climáticas; (3) geração de energia elétrica renovável através de energia cinética de veículos; (4) armazenamento da energia gerada; (5) Aplicação da energia para a iluminação pública e injeção na rede; (6) aplicação da energia para mobilidade elétrica; (7) geração e monitorização de dados energéticos (consumo/eficiência); (8) sistema inteligente.

Ao examinar a análise realizada, foi possível concluir que a Pavnext é detentora de uma proposta de valor rica, complexa, e versátil, não sendo revelada uma empresa que se aproxime significativamente (mais de 80%) das mesmas capacidades tecnológicas da solução em questão. As rivais que mais se aproximaram foram a Kynergy Power, a Pavegen, e a Underground Power, com uma percentagem de semelhança de 69%, 65% e 64% respetivamente. De salientar também o resultado da concorrente indireta Omniflow, de 68%, característico pela versatilidade de aplicações desta tecnologia, apesar de não igualar a capacidade de produção de energia (dependente das condições meteorológicas). De um

modo geral, é seguro afirmar que o NEXT-Road detém uma vantagem competitiva muito significativa face à concorrência, devido às suas características únicas.

4.1.3 Análise das 5 Forças de Porter

De forma a conhecer a força competitiva e atratividade da Pavnext, foi utilizado o Modelo das 5 Forças de Porter (Porter, 1989; Kotler & Keller, 2011). Esta ferramenta é frequentemente utilizada em contexto de gestão organizacional estratégica, pois permite determinar a atratividade intrínseca de um dado segmento de mercado e, analogamente, da empresa que o endereça para um longo prazo. É um método de análise ao microambiente da empresa, e caracteriza-se na avaliação de cinco forças competitivas com o objetivo de desenvolver o posicionamento estratégico empresarial no mercado, as quais foram conceptualmente aplicadas para a Pavnext. Em anexo encontra-se o esquema representativo desta análise, no qual foi criada uma escala para facilitar a avaliação dos impactos (nº11).

Ameaça de produtos substitutos:

Quanto maior for a existência de produtos concorrentes substitutos, menor será a oportunidade de entrada no mercado. Com base na análise de concorrência previamente apresentada, pôde ser considerado um nível moderado de ameaça de produtos substitutos para a Pavnext, na medida em que hoje são apresentadas um número considerável de soluções, por sua vez mais maduras, que se dirigem a mercados onde a Pavnext poderá endereçar, nomeadamente, no mercado de geração elétrica distribuída urbana e no mercado da Iluminação solar e Iluminação inteligente. O mercado de iluminação solar é defenido pela caracterisca de os aparelhos de iluminação serem provisionados através de um sistema solar de captação energética, e em semelhança ao mercado de iluminação inteligente, caracterizado pelo desenvolvimentos de sistemas de comunicação *wireless* aplicados à gestão da iluminação, por norma de tecnologia LED, ambos têm vindo a apresentar um posicionamento preponderante no mercado global da iluminação (Global Market Insights, 2018, 2019).

Contudo, as vantagens que a tecnologia da Pavnext poderá oferecer sobre as soluções acima mencionadas são as seguintes: Independência meteorológica para fornecimento de energia renovável; Maior eficiência energética em comparação com fontes renováveis, numa perspetiva anual; Facilidade de instalação e ligação com as luminárias urbanas – diretamente em caso de tecnologia LED ou ligação através da rede em caso de lâmpadas tradicionais – o

que evita períodos morosos de instalação e necessidade de modificar todos os dispositivos; Compatibilidade para outras aplicações, como o carregamento de veículos elétricos.

Ameaça de novos entrantes:

Um mercado em crescimento, atrativo e com entrada acessível constituem fatores cruciais para ressaltar a ameaça de emergência de novos concorrentes. Como já mencionado, o mercado *energy harvesting* caracteriza-se na atualidade com um forte potencial de desenvolvimento (Bcc Reseach, 2018). No entanto, o mercado da captação energética apresenta ainda duas grandes barreiras (Probst *et al.*, 2017): custo de entrada e ausência de padronização. O custo elevado associado à produção e implementação destas tecnologias, exacerbado pelo preço final ao cliente também excessivo, constitui o maior obstáculo de entrada de novos *players*, e consequente desenvolvimento do mercado. Este fator vem a justificar o porquê de existir um número consideravelmente reduzido de tecnologias existentes e patenteadas, apesar da atratividade do mercado. No segmento de captação energética aplicada a pavimentos, em particular, o que se verifica é a associação das empresas a universidades e/ou a grupos de infraestruturas para I&D e mitigação dos custos (Underground Power, 2016; Wattway, 2020). O segundo principal agente retardante deste mercado, respeitante à inexistência de padrões aplicados no setor, vem dificultar o seu desenvolvimento comercial. A ausência de critérios conformes e fiáveis de controlo e coloca um entrave não só à inovação tecnológica, como na aceitação deste tipo de tecnologias.

Por outro lado, dado o enquadramento urbano atestado, este mercado pode verificar-se uma óptima solução para o setor público, na promoção do consumo eficiente e sustentável nas cidades, o que incentiva organizações governamentais a investir no desenvolvimento e implementação destas tecnologias. Adicionalmente, os potenciais contributos ambientais em junção com a imaturidade desta indústria atrai fundos internacionais a apoiar financeiramente empreendimentos nesta área.

Sobre este cenário, é atribuído à força de novos entrantes no mercado da Pavnext uma classificação moderada. Ainda assim, a Pavnext possui as seguintes vantagens face a novos entrantes: Ser detentora de patente, que oferece proteção à tecnologia desenvolvida e maior acessibilidade em concursos públicos; Ser uma empresa pioneira no desenvolvimento de

normas de qualidade e certificação no segmento RPEH[3]; Reconhecimento da marca atribuído pela conquista de prémios nacionais e internacionais de relevo; Enquadramento com outros mercados em crescimento: microgeração renovável, *smart cities*, iluminação, mobilidade sustentável.

Poder negocial dos clientes:

Por poder negocial dos clientes entende-se pela capacidade que estas partes interessadas possuem em influenciar o negócio de uma dada empresa, como discutir condições e pagamentos. De uma forma geral, quanto mais opções similares houver no mercado, maior será poder do cliente em colocar as empresas em competição pelo melhor preço. Porém, o que se observa nesta indústria emergente é um aumento da procura, para um número de soluções existentes reduzido, o que vem retirar este poder ao cliente. O segmento RPEH ainda se encontra num estado embrionário, não sendo praticável o desenvolvimento de métodos de produção em escala, exigindo por isso a estipulação de um preço capaz de cobrir os elevados custos operacionais e simultaneamente provisionar rendimentos para a empresa, impossibilitando a elaboração de uma escala de preços capaz de variar sobre condições ou a pedido. Por estas razões, é atribuído à força do poder de negociação dos clientes face à Pavnext um nível reduzido.

Poder negocial dos fornecedores:

De igual forma que a força anterior, o poder negocial dos fornecedores rege-se pela capacidade que estes têm para a influência de um dado negócio, mas de uma perspetiva de produção, ou seja, a que condições (preço, qualidade, prazo) podem provisionar a empresa de recursos (matérias-primas) ou serviços necessários. Normalmente, as empresas apresentam uma certa dependência e carência de controlo neste aspeto, e quanto menor a disponibilidade de fornecedores para uma dada área, maior é o seu poder. Um fator relevante nesta matéria é quando o participante em questão se trata de uma *startup* ou *scale-up*, cuja necessidade de tais serviços é variável e instável, além de resultarem em encomendas de menor lucro para o fornecedor, em comparação com empresas já bem estabelecidas no mercado, o que pode provocar um desvio de interesse e disponibilidade da parte do

[3] A Pavnext possui iniciativas de contacto com o Instituto Português de Qualidade e a associação de certificação CERTIF.

fornecedor. Contudo, previsões positivas de ascensão de mercado, como é o caso da extração e captação de energia, eleva a atratividade destas empresas na perspetiva do fornecedor, concebendo a possibilidade de uma relação proveitosa num médio/longo prazo.

Os principais fornecedores para a Pavnext pertencem à Indústria Automóvel e empresas com atividade no setor eletrónico, de forma a obter equipamentos externos, como o conversor de energia, unidades eletrónicas e de armazenamento para a sua tecnologia. Relativamente a este último, considera-se que a Pavnext possui um poder de negócio bastante acessível, pela variedade de empresas atuantes na área eletrónica. Quanto aos fornecedores da indústria automóvel, apesar de se verificar um número relativamente elevado de clientes – mais fortes – concorrentes, o número de opções existentes é também considerável, uma vez que atendem a um mercado com elevada e constante procura. Ainda assim, prevê-se que a fase de escalabilidade da Pavnext seja dependente destas partes interessadas, não apenas para o provisionamento de matérias-primas mas também para a produção da tecnologia. Deste modo, é atribuído um nível de força negocial médio-forte por parte dos fornecedores, atenuado pelas perspectivas optimistas do mercado em que a Pavnext se insere, assim como pelo reconhecimento internacional que tem conquistado, enquanto *startup*.

Rivalidade da concorrência:

Por último, a rivalidade entre os concorrentes constitui a força mais significativa em toda a Análise de Porter. Neste ponto são considerados o número de concorrentes num mesmo segmento, assim como a sua atividade, diversidade, rendimentos e agressividade exercida sobre os restantes *players*. Num mercado com rivalidade considerável, é frequente as empresas inserirem-se nos mercados a que as rivais se dirigem. Sobre este contexto, faz sentido abordar outros mercados nesta secção, além do mercado RPEH*,* de acordo com as aplicações do produto da Pavnext, tais como: mercado das renováveis; mercado das *smart cities;* e mercado da iluminação. A partir da tabela em anexo (nº12), que descreve comportamentos praticados por diferentes atores inseridos nos mercados salientados, conclui-se que existe uma elevada competitividade, demarcada pelo crescimento destes que implica contínua inovação e modernização, levando ao estabelecimento de parcerias ou aquisição de empresas para esses efeitos. O mesmo se passa para alargamento geográfico. Já para o setor em estudo, caracterizado pelo seu estado ainda embrionário, os principais comportamentos verificados é o esforço para obtenção de recursos financeiros e a aposta na

diversificação do portfólio. O exposto vem confirmar que em respeito à força representante da rivalidade entre a concorrência, esta apresenta-se a um nível forte.

Em linha com a análise elaborada, a idealização e determinação de estratégias viáveis para a inserção e desempenho da Pavnext no mercado convergiu sobre o modelo B2B (*Business to Business)* e B2G (*Business to Government*). Após a avaliação das cinco forças estudadas, foram constuídas eventuais possibilidades estratégicas que pudessem levar a Pavnext a singrar no mercado.

A tecnologia da Pavnext é prática, sustentável e versátil, assumindo-se como uma potencial solução para o setor público. Depreende-se que a Pavnext poderá encontrar um número de oportunidades contratuais com organizações do setor público, tais como Municípios e empresas públicas dirigidas ao desenvolvimento de projetos na área da energia e/ou transporte (ex.: Infraestruturas). Em paralelo, ao considerar o setor privado (B2B), a compatibilidade do produto da Pavnext para com outros mercados além do *energy harvesting* reúne um número de oportunidades de negócio.

A capacidade de conversão de energia elétrica a partir da energia cinética de veículos permite considerar a possibilidade de implementação do equipamento da Pavnext em locais com elevada afluência, com posterior retorno em rendimento energético. Neste campo enquadram-se empresas ligadas ao Setor Comercial, Transporte e Lazer. Por outro lado, a criação de parcerias com empresas já ativas e com posição relevante nos mercados salientados permitiria à Pavnext atuar diretamente nos nichos de mercado mais relevantes para o seu desenvolvimento, possibilitando a redução do risco e do investimento inicial, assim como a partilha do *know-how* necessário à operação nesses novos mercados, em troca da cobrança dos direitos de exploração do produto, os *royalties*. A orientação para diferentes segmentos de mercado permite, além de reduzir a ameaça de produtos substitutos, diminuir também a rivalidade competitiva. Outros benefícios para a Pavnext na ligação com empresas com forte posicionamento consistem no ganho de reconhecimento e confiança da própria marca, espoletado pela força da marca aliada, como também permitiria melhorar a relação negocial com fornecedores. Ainda, exercícios de *Branding Activation* com empresas de renome proporcionaria a exposição, interação e envolvimento de nichos de mercado. De maneira a incitar a criação e gestão de relacionamentos (*networking*), a participação em congressos e concursos ligados aos domínios da Pavnext apresenta-se como uma boa tática, uma vez que

nestes eventos ocorre uma aglomeração de atores relevantes empresariais e institucionais, que vêm apresentar e/ou procurar soluções inovadoras.

Adicionalmente, foram também definidas estratégias internas para a redução das Forças de Porter sobre a Pavnext. Estando a empresa ainda numa fase de validação tecnológica, sem capacidade de geração de receitas, uma estratégia benéfica a adotar seria concorrer a instrumentos financeiros de apoio à I&D tecnológico, para que os entraves do ponto de vista económico e de recursos disponíveis sejam minimizados para o restante processo de maturação e consolidação da tecnologia. Esta estratégia é também válida ao adotar uma perspetiva a longo prazo, para o contínuo processo de I&D inerente ao desenvolvimento de novos produtos. Outra estratégia muito importante a praticar, enquanto *startup*, é a introdução de mecanismos internos de comunicação da marca, que tenha como objetivo realçar a proposta de valor única - *uniqueness* - da empresa. Uma das formas que a Pavnext possui de incrementar a sua capacidade de comunicação e marketing é através da aposta em campanhas de ativação de marca, essenciais para demonstrar o potencial do produto em contexto real, acompanhadas de relatórios de monitorização regulares com informação sobre os resultados eficazes do pavimento, podendo esses ser divulgados às comunidades. A participação ativa em feiras e congressos, proporciona a cultivação da credibilidade da empresa e do seu produto, mas também a oportunidade de beneficiar de uma técnica de marketing que não acarreta custos: o boca-a-boca. Para esta fase inicial, a realização de avaliações regulares intuitivas das necessidades do mercado é um processo fulcral aquando o processo de segmentação de clientes e posterior targetização do mesmo. Por último, a finalização do desenvolvimento de normas de qualidade e certificação da tecnologia pode contribuir em larga escala para o incremento da legitimidade e confiança técnica da empresa em relação ao seu produto.

Ao interpretar os processos acima descritos no contexto de TIS, foi possível identificar os três componentes estruturais que compõem um sistema de inovação (Bergek *et al.*, 2008) – atores, redes e instituições - para a índustria em estudo, corroborando assim a existência de um TIS. A análise do estado-da-arte agrupado com a concorrência permitiu identificar os principais atores no setor RPEH e entender a direção tecnológica que está a ser tomada, nomeadamente, o aproveitamento das capacidades técnicas destas tecnologias para aplicação em ambiente urbano. As forças de Porter destacaram também outros atores participantes nesta indústria, desde fornecedores a parceiros e potenciais clientes A constituição de redes

neste sistema, numa fase inicial, está principalmente demarcada pelas ligações com universidades (Underground Power, 2016) e com grupos de infraestruturas (Wattway, 2020) para I&D e interações com entidades governamentais urbanas para experimentação tecnológica (pilotos). Já se começa a verificar relações ao nível de compra-venda e parcerias com empresas tecnológicas (Pavegen, 2020; Energy Floors, 2020). Finalmente, a nível institucional, apesar de ainda não existir padronização aplicada a este setor, verifica-se a existência de apoios, e programas políticos suportados por regulamentos e legislação internacionais que incentivam e promovem o desenvolvimento de tecnologias inovadoras ecológicas não-nocivas, o que comprova um alinhamento institucional com a tecnologia da Pavnext e, derradeiramente, com a indústria RPEH.

Desta forma, evidenciada a presença de um TIS, a reunião das observações colhidas das análises elaboradas para o desenvolvimento de conhecimento permitiu identificar uma oportunidade de mercado favorável para o NEXT-Road, inserida no domínio energético e das cidades inteligentes. O contributo do diagnóstico do ecossistema envolvente, juntamente com o estudo das 5 forças de Porter permitiu salientar barreiras e oportunidades ao desenvolvimento de mercado, que culminou no levantamento de estratégias para assegurar o desempenho promissor na empresa, em particular, a definição de nichos de mercado (categoria chave no processo de formação de mercado) que serviu de base para as seguintes atividades da investigação que focaram o estudo do cliente.

4.2 Estudo de Mercado – Lógica do Cliente

4.2.1 *Customer Discovery* - Segmentação

Como mencionado anteriormente, o *Customer Discovrey* baseia-se numa sequência de métodos que têm por objetivo identificar quem é o cliente, ou grupo de clientes, quais são os problemas que pretendem resolver e se este pode ser solucionado pelo produto em desenvolvimento. Este exercício é de grande importância, principalmente na lógica *startup* em que a empresa se está a debruçar sobre o mercado e quer encontrar o seu nicho (ou nichos) de negócio, e perceber como melhor operá-lo. Neste sentido, a primeira etapa efetuada para a concretização desta metodologia foi a segmentação de clientes, um processo frequentemente praticado em marketing empresarial, que permite dividir um grande mercado em grupos menores e identificáveis de usuários, com base nos seus comportamentos, interesses, dados demográficos, necessidades específicas compartilhadas.

Com base nos resultados obtidos na análise externa, e em particular, na análise de Porter, foram reunidos potenciais segmentos de clientes, os quais foram avaliados consoante critérios de interesse para a atividade da Pavnext e correspondência com as caraterísticas do NEXT-Road: dimensão; capacidade de pagamento; acessibilidade; prazo médio de pagamentos; atividade/interesse em inovação e *smart cities*; atividade base relacionada com a energia; e relevância da segurança rodoviária. O anexo nº13 expõe as classificações obtidas.

A partir da análise do referido anexo, constatou-se que o *Top 5* de potenciais clientes segmentados é liderado pelas Câmaras Municipais com atividade/interesse em cidades inteligentes, seguindo-se as empresas de infraestruturas rodoviárias, as grandes empresas tecnológicas, os operadores de autoestradas e, finalmente, empresas de comercialização de energia. De um modo geral, os segmentos destacados demonstram ser os mais relevantes numa primeira fase para a atividade da Pavnext, visto que a *startup* tem especial interesse em aliar a temática da segurança rodoviária com a produção de energia renovável, inerentes ao conceito de *smart cities*, o mercado genérico do produto, com grande relevância aos segmentos identificados.

Doravante, as próximas atividades expostas no presente relatório para o desenvolvimento do cliente foram executadas com especificidade para o nicho das Câmaras Municipais com atividade/interesse em cidades inteligentes, dado seu posicionamento mais compatível com os interesses da empresa e interligação com o NEXT-Road. Este segmento é responsável pela detenção e manutenção da via pública, envolvendo a colocação de medidas de prevenção à sinistralidade rodoviária, um fator que fustiga essencialmente as estradas públicas dentro de localidades (WHO, 2018b). Além disso, são também as principais entidades com maior capacidade em endereçar e realizar ações no âmbito das *smart cities*, assim como integrar soluções inovadoras nas cidades. Sob o panorama nacional, várias Câmaras têm-se destacado nesta área, incluindo mobilidade sustentável e eficiência energética, constando nos índices nacionais de *smart cities* - a Rede RENER e o Smart City Index (Forum das Cidades, 2016; CEIIA, 2016). Apesar de haver um menor número de Câmaras ativas nestas áreas, estas demonstram uma capacidade de pagamento e acessibilidade maior que as outras, porque ao estarem direcionadas para as temáticas de inovação, possuem melhores métodos de acesso a subsídios e fundos de investimento, da mesma forma que estão mais adaptadas e dispostas a criar relações e negociar com empresas do foro tecnológico, desde *startups* a grandes corporações.

Para a *Formação de Mercado*, ou mercados estabelecidos devem abrir-se a novas tecnologias, ou novos nichos devem ser identificados (Bergek *et al.,* 2008). O exercício de *Desenvolvimento de Conhecimento* na presente investigação, como base e centro de um TIS, permitiu a identificação de outros potenciais nichos onde a inserção do NEXT-Road pode ser benéfica, que no futuro poderão ser desenvolvidos num contexto de crescimento de mercado. Contudo, como referido, o estudo focou-se no segmento das Câmaras Municipais, uma vez que este se aparenta como o mais propício à penetração e desenvolvimento de mercado. No caso do mercado fotovoltaico alemão (Dewald & Truffer, 2012), as tecnologias solares apenas realmente escalaram quando foi feita a transição de aplicações *off-grid* (pequenos equipamentos) para soluções *on-grid,* onde foi descoberto o potencial destes sistemas instalados em pequena escala em telhados, inerentes quer ao nicho residencial, como industrial. O mesmo se passou para as tecnologias OTS em Beijing (Binz *et al.,* 2016), quando foi descoberto o nicho da sua aplicação em hoteis, o qual alicerçou a formação deste mercado na China.

4.2.2 *Customer Discovery – Value Preposition Canvas*

Uma vez definido o nicho de mercado, a elaboração de hipóteses procedeu-se com auxílio do preenchimento do esquema *Value Preposition Canvas* (anexo nº1) (Osterwalder *et al.,* 2014), onde o perfil das entidades municipais foi traçado, distinguindo os seus principais problemas (*pains*), juntamente com os objetivos que pretendem alcançar (*gains*) derivados daquilo que é a sua atividade principal (*jobs*), que é a garantia da qualidade de vida dos cidadãos e de quem os visita, e no caso deste nicho específico, enquadrado com a modernização dos serviços citadinos através de políticas inovadoras de gestão de território e utilização das últimas tecnologias.

Em anexo (nº14), encontra-se o esquema completado, no qual destacou-se os principais problemas destas entidades, sendo estes a sinistralidade rodoviára, exacerbado pelas queixas da comunidade provenientes das medidas de segurança aplicadas quando estas não apresentam eficácia e a sua utilização provoca transtornos, por forma de impacto nos veículos e poluição sonora (ex. as lombas redutoras de velocidade)(Silva & Santos, s.d.). Também, as despesas associadas ao consumo energético constituem uma parte significativa do orçamento público: a fatura da iluminação pública (IP) pode ultrapassar 50% do orçamento municipal para a energia (AdE Porto, 2019). Nos dias de hoje, acresce uma pressão política sobre as autarquias em implementar medidas de combate às alterações

climáticas, medidas estas que acarretam montantes dispendiosos, transformam-se em projetos morosos e complexos, e por vezes requer a adição de capital humano especialista no manuseamento de dispositivos tecnológicos, como a leitura e análise de dados. Por outro lado, como principais benefícios de uma Câmara Municipal com interesse em tornar município mais inteligente, salienta-se a melhoria da qualidade de vida potenciada pela modernização dos serviços, poupanças a nível de energia, bem como a promoção do empreendorismo e dinâmica empresarial local que pode repercutir-se em reconhecimento nacional e internacional no âmbito da inovação.

Sobre estes efeitos, foram delineados benefícios que o NEXT-Road poderia proporcionar em aliviar e/ou reduzir os problemas levantados (*pain relievers*) e fomentar a concretização dos objetivos das entidades municipais (*gain creators*). Para o primeiro, a capacidade de o sistema provocar a redução autónoma da velocidade dos veículos concede uma condição mais eficaz na segurança rodoviária, sendo esta uma solução cuja operação não provoca impacto nos veículos ou na qualidade de condução dos ocupantes, nem provoca poluição sonora, vantagens significativas face a soluções hoje utilizadas neste âmbito. Além disso, o caráter inovador e alinhado com os desígnios atuais torna acessível a sua aquisição por forma de candidatura a um financiamento, reduzindo o custo de investimento à autarquia, que de igual forma pode ser recompensado pela geração de energia limpa e renovável. Por último, o seu método de instalação é simples e rápido, não acarretando um projeto de obra ou trabalhos de ordenamento do território. Para o segundo, a colocação de uma unidade de produção sustentável para o município permite-lhes dirigir a energia para aplicações de interesse, contribuindo desta forma para o objetivo global da descarbonização. Também, a geração e armazenamento de múltiplos dados urbanos provisiona a cidade com uma estação IoT multivalente para uma monitorização da cidade mais eficaz. Outra característica do equipamento que pode trazer benefícios aos municípios é o facto de o seu design específico transmitir os ideais da economia circular, ampliando a imagem verde associada ao município.

Posto isto, as hipóteses tomadas permitiram aferir que poderá haver um mercado para a visão da empresa, ou seja, a tecnologia supracitada apresenta um potencial de criação de valor favorável para os problemas e objetivos do segmento das Câmaras Municipais. Estas atividades inseridas no Desenvolvimento do Cliente são de extrema importância, pois permitem um estudo prévio do mercado e suas necessidades, com possibilidade de voltar atrás e redefinir os pressupostos num processo contínuo e iterativo de aprendizagem (Blank,

2007). O passo seguinte consistiu num método de validação das hipoteses elaboradas, por meio de entrevistas.

4.2.3 *Customer Discovery* - Validação

A realização de entrevistas a Câmaras Municipais acompanhou a formulação de hipóteses, que além de as validar e/ou corrigir, teve como objetivo entender como funcionam os seus processos de compra, quais são os perfis de procura, e como estão a articular as suas necessidades no presente. Assim, o questionário (anexo nº2) envolveu a abordagem às àreas integrantes do projeto da Pavnext, incluindo também questões relacionadas com o domínio da contratação pública e processos de compra, parcerias e publicidade, de modo a identificar correspondências e, posteriormente, eventuais oportunidades para a Pavnext. As observações retiradas das entrevistas foram codificadas de acordo com os temas supramencionados e encontram-se em anexo (nº15).

Atendendo o panorama nacional do segmento de clientes identificado, foi possível detetar um padrão positivo relativo à importância da segurança rodoviária, manifestado por todas as entidades entrevistadas. Em termos de principais medidas, verificou-se que começam por "*aquilo que toda a gente faz*", ou seja, medidas tradicionais de alinhamento vertical (lombas) e horizontal (rotundas) e sinalização, sendo que o que diverge entre as Câmaras é a colocação de medidas além dessas, como a sobreelevação de estradas e alargamento de passeios, por forma a minimizar o problema crónico de excesso de velocidade (Braga, Valongo, Matosinhos, Lisboa).

No domínio da descarbonização, notou-se uma preocupação transversal em cooperar com aquilo que é o objetivo nacional e global. O especial foco neste tema convergiu para o setor da mobilidade e energia. Contudo, constatou-se uma ausência de um sistema de valorização do CO_2 associado a estas medidas, que quando existente, era sob forma indireta através de sensores de qualidade do ar.

Relativamente à mobilidade elétrica, o panorama mostrou-se de geral conformidade, no que toca a aspetos fulcrais tais como a expansão da rede elétrica e dar condições à transição populacional para estes meios, embora a Câmara da Maia ter sido a única a não manifestar um interesse direto em promover o tema. É ainda de notar que todos os municípios

entrevistados encaram o seu papel na mobilidade elétrica como um mero intermediário, ou seja, apenas como um facilitor para a instalação de projetos e equipamentos neste domínio.

Ao nível da eficiência energética, verificou-se também um esforço ativo coletivo, essencialmente no que toca à eficiência energética da IP, com a substituição nas luminárias por lâmpadas LED e colocação de sistemas dinâmicos, bem como do edificado e equipamentos do município. A respeito da possibilidade de produção energética para autoconsumo, as respostas foram universalmente positivas, ao contrário da possibilidade de venda da energia, sendo esta considerada uma "*área cinzenta*".

No âmbito das *smart cities*, especificamente a respeito da sensorização, evidenciou-se um crescente interesse no tema, apesar de ao nível de soluções concretas estas não sejam muitas – "*é tudo muito caro*". Embora municípios como Matosinhos, Maia, Braga e Lisboa já possuam alguns sistemas de monitorização de tráfego, qualidade do ar, entre outros, manifestam também dificuldade de gestão dos mesmos, por requerer pessoal com conhecimento qualificado e disponibilidade.

Em termos de desenvolvimento organizacional, apenas as Câmaras de maior dimensão como é o caso da de Matosinhos, Braga e Lisboa demonstraram ter realizado parcerias com outras empresas, incluindo *startups*. Esta prática, porém, não é amplamente empreendida nos restantes municípios, pois tratam-se de relações que envolvem maior complexidade, bem como as Parcerias Público-Privadas (PPPs).

No domínio da contratação pública que abrange os modelos de compra deste segmento de clientes em específico, no geral foi demonstrada uma maior apetência e disponibilidade para executar processos de prestação de serviços, com contratos de manutenção incluídos, em projetos tecnológicos, sendo que as questões do âmbito da duração e montante dos contratos sempres definidas de acordo com a lei imposta no CCP[4], à qual todos mencionaram que não se podem esquivar, deixando também um pouco de lado a hipótese de ajustes diretos, apenas adequada a projetos de menor valor económico. Em termos de acesso a financiamento para este tipo de atividades, muitas Câmaras possuem o seu próprio gabinete de apoio a

[4] Decreto-Lei n.º 18/2008, de 29 de janeiro - Aprova o Código dos Contratos Públicos, alterado e republicado pelo Decreto-Lei n.º 111-B/2017 de 31 de agosto - procede à nona alteração ao Código dos Contratos Públicos.

candidaturas ao financiamento (ex. Portugal 2020, Fundo Ambiental) para projetos específicos e/ou recorrem a entidades externas que lhes auxiliam nesse mesmo processo.

Uma das questões chave deste processo foi também determinar a importância dada ao retorno económico nos projetos que implementam, ao qual foi respondido que não é de todo um fator crítico aquando da tomada de decisão de um projeto, exceto quando se tratam de projetos relacionadas com o ganho de eficiência energética, no qual o retorno se torna relevante. Ainda assim, foi salientado que os planos de orçamento têm de ter atenção aos orçamentos plurianuais e estratégias dos diferentes pelouros.

Em jeito de apanhado, foi possível observar que há um interesse correspondido (e validado) das Câmaras Municipais para com as áreas de atuação do NEXT-Road, cujo desempenho ocorre debaixo do mote intrínseco destas entidades - *"Não deixar que o município seja um mero dormitório"*. A validação das hipóteses confirmam, portanto, a capacidade de resposta da tecnologia da Pavnext para com as necessidades e objetivos deste segmento.

De igual importancia para a presente investigação foi a compreensão dos modos de operação e compra por parte deste segmento - que como entidade pública, requerem maior atenção - o que contribuiu com informação valiosa para a contrução da melhor (ou melhores) modalidade de negócio a adotar. Potenciais entraves à exequibilidade do projeto a ter em conta são restrições orçamentais evidenciadas, o receio e complexidade da concretização de PPPs, e o problema levantado da dificuldade na gestão e monitorização de dados, um fator agravante para com a índole sensorial do pavimento.

4.3 Elaboração da Proposta de Valor

A proposta de valor de um produto deve ter atributos atrativos, ser benéfica para o cliente, e ser diferenciadora (Osterwalder *et al.,* 2005). Esta é a peça central de onde deriva o modelo de negócio que determina como a empresa cria e entrega valor. De modo a construir a proposta de valor para o pavimento NEXT-Road, e com recurso ao trabalho de Duarte (2017) procedeu-se a uma avaliação da performance técnica e económica (ATE), no âmbito da geração de energia, a qual transpôs-se para uma análise de custo-benefício (ACB) para um cenário de auto-consumo, que neste caso, permitiu reconhecer o valor económico de cada kWh fornecido para a IP. A tabela em anexo (nº4) apresenta os valores iniciais utilizados para as simulações da ATE e ACB, constituindo o cenário base desta análise. Relativamente

à ACB para o cenário base, a aplicação de energia considerada foi a alimentação de 70 luminárias LED de 50 W, que em conjunto formava uma aplicação de 3.500 W de potência. Os resultados obtidos para o cenário base encontram-se em seguida, na Tabela 2.

	ATE				**ACB: Autoconsumo**			
	TEge	CF	PPW	LCOE	SCPC	VAL	ROI	TIR
Cenário Base AADT = 20 000 Veículos/dia	195 813,81 kWh	5.59%	0.79 €	0.29 €	153,8%	- 175 634,82 €	12	-

Tabela 2: Resultados da ATE e ACB obtidos para o cenário base.

Como se pode observar na tabela acima, a partir da simulação assente num volume de tráfego médio anual de 20.000 veículos por dia, com velocidade de 50 km/h, o sistema RPEH é capaz de gerar cerca de 195.813,81 kWh durante o período do estudo, mais do que suficiente para alimentar a aplicação energética selecionada (153,8%). Para a implementação do projeto, o investimento inicial (CAPEX) constitui 35.500 € e os preços anuais de manutenção (OPEX) variam entre 2.550 € e 2.987 € no período selecionado, o que culmina num investimento total (TINV) de 56.374 €.

No que diz respeito aos principais parâmetros da ATE a determinar, o valor do PPW (0,79 €/W) parece estar não muito superior ao observado hoje para outras fontes de energia renovável, como a energia solar fotovoltaica (valores que variam entre 0,26 e 0,20 €/Wp), o que demonstra desde já potencial competitivo deste tipo de tecnologias inovadoras de geração de energia (PV Magazine International, 2019). Da mesma forma, para o CF, os resultados obtidos (5,59%) são relativamente inferiores aos da energia solar fotovoltaica (20-30%) (Adaramola, 2014; Joskow, 2011). Por fim, o LCOE estimado foi de 0,29 €/kWh, equivalente a 290 €/MWh, que representa ainda um custo mais elevado do que ocorre com tecnologias renováveis atuais, e mais maduras, como a energia solar fotovoltaica (média global em torno de 76 €/MWh, na Europa compreende entre 40 e 55 €/MWh) e energia eólica (média global em torno de 50 €/MWh, e na Europa compreende entre 50 e 76 €/MWh) (IRENA, 2019b; Solar Europe, 2019; Wind Europe, 2019).

Efetuada a análise de ACB, uma vez que o valor obtido para o VAL é negativo (- 175.634,82 €), a hipótese de autoconsumo não apresenta viabilidade económica para o período de 10

anos, considerando os baixos custos de compra de eletricidade (0,216€/kWh[5]), gerando perdas económicas de 9.043,85 € em relação ao investimento total. Para o cenário base, o projeto só se torna viável após aproximadamente 12 anos, período superior ao testado de vida útil do sistema.

Assim, de modo a atestar o potencial económico da tecnologia RPEH, um novo conjunto de cenários foi considerado. Nesse sentido, uma análise de sensibilidade (AS) preliminar foi realizada para diferentes variáveis-chave, com o intuito de entender o impacto de cada variável no desempenho técnico e económico do sistema NEXT-Road, e concretamente, no lucro do projeto no âmbito de autoconsumo. A AS procedeu-se a partir da combinação das fórmulas 1 e 3 da secção 3.2.3 , e estudou variações decrescentes e crescentes de 1% e 10% para as seguintes variáveis, a partir do cenário base: AADT, TINV, CAPEX, YMP, PPM, ICPM e SCEP. Os resultados obtidos são apresentados em anexo (nº16).

Pela análise dos resultados obtidos na AS, pôde-se concluir que as variaveis η, AADT e TINV representam, respectivamente, o maior impacto nos lucros finais de um projeto RPEH, sendo assim consideradas como as variáveis mais críticas dentro do modelo. Decompondo o TINV, o preço por módulo (PPM) é a variável mais significativa. Ainda, apesar dos resultados também significativos do preço da energia (SCEP), esta constitui uma variável que não pode ser regulada pela empresa. De uma forma geral, constatou-se que os lucros do projeto estão positivamente relacionados ao aumento do AADT, η e SCEP, e com a diminuição de todas as variáveis econômicas (TINV, CAPEX, YMP, PPM e ICPM).

De modo a realizar uma ATE e ACB diversas, vários cenários foram considerados. A seleção dos pressupostos foi baseada em alterações através das variáveis críticas anteriormente identificadas na SA (η, TINV e SCEP), juntamente com uma variação nos valores de AADT de 20.000, 30.000, 40.000 e 50.000. Neste sentido, os cenários estudados foram os seguintes: no cenário 1, o cálculo foi realizado apenas com base na alteração dos valores de AADT; o cenário 2 considerou uma redução de 50% nas variáveis TINV (CAPEX e OPEX); o cenário 3 considerou uma mudança no SCEP para 0,31€/kwh[6]; o cenário 4 combinou a mudança no SCEP para 0,31€/kwh e a diminuição das variáveis TINV em 25%; O cenário 5 considerou apenas uma redução de 25% nos valores de TINV; finalmente, os cenários 6 e 7 alteram o

[5] Preço médio da eletricidade para consumo doméstico na UE, 0,216 €/kWh (Eurostat, 2020)
[6] Preço da eletricidade para consumo doméstico na Alemanha, 0,31 €/kWh, o maior da UE (Eurostat, 2020)

valor da eficiência para 70% e 80%, respectivamente. A tabela em anexo (nº17) exibe os resultados obtidos.

Ao considerar os resultados obtidos na ATE e ACB, concluiu-se que o alcance de uma lucratividade e retorno favoráveis ao investimento num projeto RPEH, bem como aspetos técnicos mais competitivos, depende fortemente de um volume de tráfego substancial, aliado a uma maior eficiência e/ou a uma redução considerável nos custos do produto, variáveis que não podem ser remodeladas facilmente, principalmente quando em fase de lançamento da tecnologia e implementação no mercado. O próprio preço da energia (cenário 3) apresenta também um impacto considerável na viabilidade financeira do projeto, contudo, este não pode ser manejado pela empresa, e está sujeito às flutuações do mercado.

Considerando o cenário base, a monetização da eletricidade produzida não é suficiente para agregar valor satisfatório ao projeto, e consecutivamente, o interesse do cliente e de potenciais investidores, o que levou a uma reorientação e redefinição da proposta de valor do NEXT-Road. Nesta matéria, Ren *et al.* (2019) realizou um estudo pioneiro que se baseou na capacidade de extrair outros benefícios de sistemas energéticos distribuídos (SED) além da produção de energia em si, ou seja, a extração de outros valores não energéticos que refletissem outras virtudes ao projeto, constituindo dessa forma um valor agregado, e mais atrativo. Na referida investigação, os autores elaboraram uma ACB, na qual exploraram, quantificaram, e monetizaram multi-benefícios proporcionados por um SED, entre os quais, valores ambientais, económicos regionais, mitigação de desastres e educacionais. A ACB combinada provou que a presença de benefícios não-energéticos refletia valores sociais agregados ao projeto, que sob o ponto de vista das partes interessadas, podia aumentar a sua disposição em investir num desenvolvimento deste tipo, com retorno garantido.

Desta forma, a identificação de benefícios não derivados da energia da tecnologia em estudo pode trazer a oportunidade de explorar seus efeitos em termos monetários e agregar mais valor ao projeto. Com isto em mente, alguns benefícios não energéticos foram identificados, como benefícios sociais em termos de aumento da segurança rodoviária (devido à capacidade de desaceleração autónoma do veículo), benefícios ambientais (redução de emissões de CO_2) e benefícios tecnológicos (geração de dados de tráfego/ambientais – provisão de uma estação IoT que contribui para a conceção de cidades inteligentes). A reunião dos múltiplos benefícios mencionados permitiu a construção de uma proposta de valor inovadora,

integrada, e mais valiosa. A Figura (3) seguinte exibe a proposta de valor elaborada para o NEXT-Road.

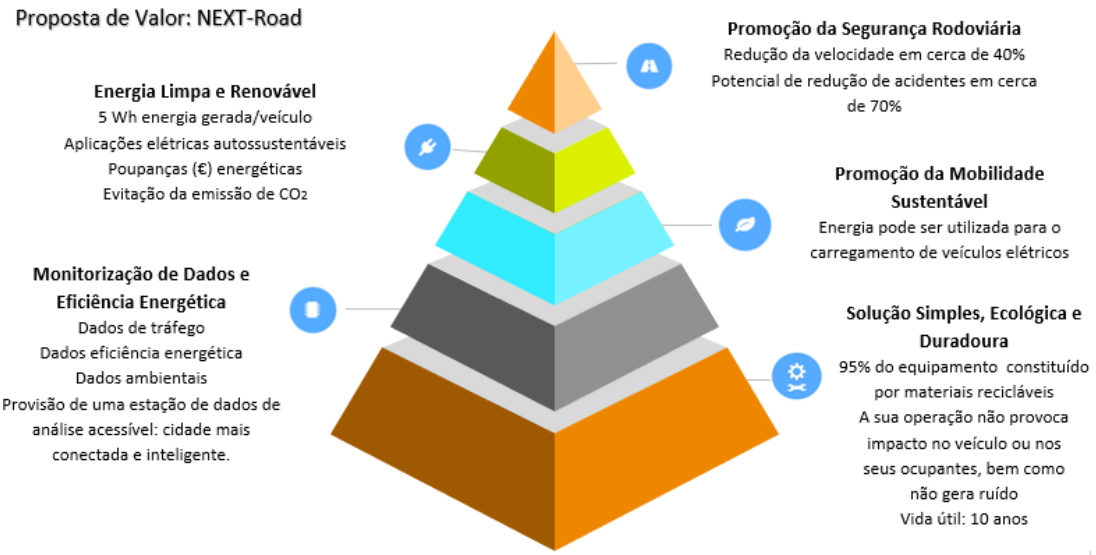


Figura 3: Proposta de Valor: NEXT-Road. Elaboração própria.

A proposta de valor elaborada destaca a tecnologia da Pavnext não só como uma solução inovadora e disruptiva, mas também necessária, uma vez que vem promover a qualidade de segurança, inerente ao bem-estar das comunidades, ao mesmo tempo que impulsiona a sustentabilidade de setores de relevo, como o setor energético, tecnológico, e o da mobilidade. Ao contrário do esperado no princípio da investigação, a segurança rodoviária passou a constituir o pilar central da tecnologia. A capacidade de desaceleração autónoma dos veículos aliado ao facto que não provocar impacto nos veículos nem na qualidade de condução vem oferecer-lhe o estatuto de primeira solução de segurança rodoviária capaz de entregar eficácia e, simultaneamente, conforto, sendo uma solução amiga do utilizador. A capacidade de redução de acidentes vem diminuir também as consequências derivadas destes (vítimas de sinistralidade, custos sociais e económicos consideráveis), contribuindo para a melhoria da qualidade de vida (WHO, 2018b).

A redireção da proposta de valor centrada neste âmbito em despeito da geração de energia, cerne da presente investigação, não representa um entrave à inserção deste tipo de tecnologias no setor energético, mas sim oferece uma nova perspetiva relativamente aos seus contributos, que apesar de não trazerem retorno total ao investimento, mantêm-se na máxima predita: ocorre produção de energia renovável, que pode ser direcionada para

aplicações elétricas locais (ex. IP, sinalização) que se tornam autossustentáveis, que inclui a hipótese de carregamento de veículos elétricos (numa fase inicial, bicicletas e trotinetes). Esta atividade proporciona poupanças energéticas ao cliente, e ainda a notificação das emissões de CO_2 que são evitadas pela utilização da energia limpa. Por último, a respeito da componente sensorial da solução, e dada a observação retirada da dificuldade dos municípios em retirar o proveito dos dados que monitorizam, a proposta da Pavnext é a facultação de relatórios em formato digital diretamente ao cliente, com a informação tratada e detalhada, envolvendo a exibição de valores médios, mínimos e máximos, proporcionando desta forma uma leitura e análise e mais acessível por parte do cliente.

Mercados embrionários são geralmente caracterizados por um nível de incerteza, acentuado pela abertura quanto ao *design* da tecnologia, fulcral para a sua direção e inserção no mercado (Dewald & Truffer, 2012), e no caso de tecnologias renováveis e descentralizadas, a coleção de informação técnica e financeira é essencial. Por isso, a adoção de uma perspetiva multi-combinada (Ren *et al.,* 2019) sobre o produto supracitado proporciona-lhe uma visão mais alargada, e sem dúvida, bem direcionada ao nicho urbano. Reunida a proposta de valor, o passo seguinte inseriu-se na elaboração do modelo de negócio a ser operado para a geração de receitas a partir do NEXT-Road, para com o segmento em estudo.

4.4 Elaboração do Modelo de Negócio e Validação do Cliente

4.4.1 Elaboração do Modelo de Negócio

"Uma tecnologia por si só não tem um valor objetivo único", estando o seu valor económico latente até que esta seja comercializada por meio de um modelo de negócio (Chesbrough, 2010).

Para tecnologias de caráter emergente, como é o caso da solução em estudo, o modelo de negócio correto a adotar não é evidente (Teece, 2010), e requer a passagem por um processo de contínua experimentação, alteração e validação (Chesbrough, 2010). Além disso, estas tecnologias enfrentam um desafio inerente à sua falta de atratividade de mercado. Tecnologias sustentáveis – tecnologias que promovem a redução de emissões atmosféricas e apelam a uma eficiência de recursos – geralmente não se enquadram em métodos de produção existentes, modelos de gerência e preferências do cliente (Johnson & Suskewicz, 2009), e o potencial benefício de debelar a degradação ambiental não se aparenta por si só como uma condição suficiente para gerar aceitação do cliente em larga escala (Bohnsack *et*

al., 2014). E por isso, soluções deste foro devem focar-se na provisão de novos valores ao cliente, além do impacto ambiental positivo, através do modelo de negócio.

Definida a proposta de valor na secção anterior, o passo seguinte tornou-se articular-la num modelo de negócio apropriado, ou seja, num modelo capaz de capturar e entregar o valor do NEXT-Road. Para a construção deste, foi utilizada a ferramenta do *Business Model Canvas* (Osterwalder *et al.,* 2014). A Figura 4 expõe o modelo de negócio edificado para operação com o segmento das Câmaras Municipais.

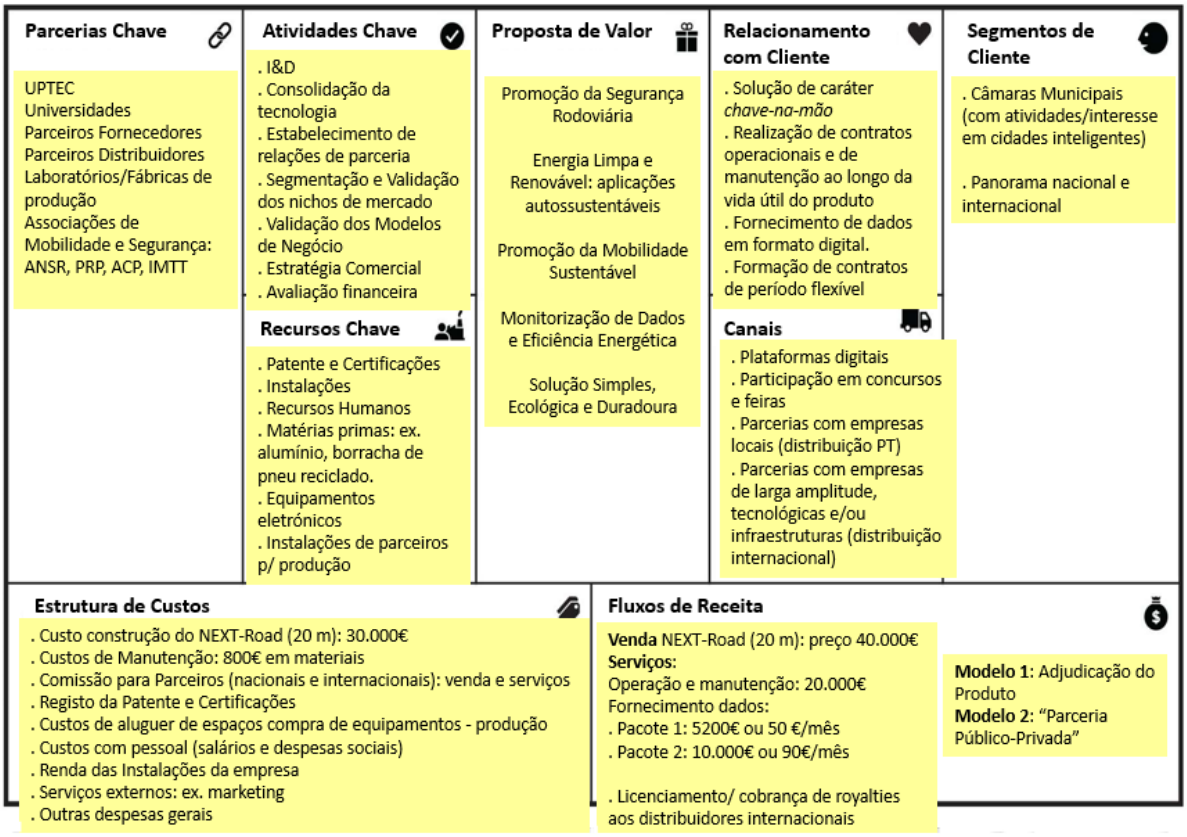


Figura 4: Modelo de Negócio NEXT-Road. Fonte: elaboração própria, com base no Business Model Canvas de Osterwalder et al., (2014).

A partir da Figura 4, e da organização do esquema, é possível diferenciar a construção do modelo em dois blocos distintos. Iniciando pelo lado da infraestrutura do modelo (à esquerda da proposta de valor), depreendeu-se que, em respeito às relações externas da empresa, numa fase inicial, a atividade da Pavnext irá centrar-se na relação com parceiros fornecedores e distribuidores. Para efeitos de produção, a Pavnext prevê a aquisição de matérias primas e utilização das instalações destes parceiros, com o pagamento de uma devida renda, e relativamente à distribuição do produto, poderão ser consideradas empresas locais para a

fase de lançamento e estabelecimento do produto no mercado português, sendo que numa fase posterior, ao transitar para os mercados internacionais, a Pavnext terá de estabelecer parceiros com larga amplitude global para impulsão do seu produto. Adicionalmente, a UPTEC é vista também como um parceiro-chave, dada a atual residência da empresa nesta instituição, que ao mesmo tempo promove um conjunto de oportunidades proporcionadas pelos eventos que organizam e pela carteira nacional e internacional de contactos que disponibilizam. A relação com associações de relevo em matérias da segurança e mobilidade pode vir a ser uma prática vantajosa à execução do modelo, uma vez que, assim que a tecnologia esteja testada e certificada, estas entidades podem atuar como promotoras à sua implementação.

Em termos de principais custos a considerar, salientam-se os custos dirigidos à produção do NEXT-Road (aplicação de 20 metros) e de manutenção, sendo estes definidos pela empresa em 30.000€ e 800€ respetivamente, a estipulação de uma margem para os parceiros de venda, assim como os custos provenientes do aluguer de espaços e compra de equipamentos, do registo da patente e certificados, e da equipa integrante no projeto, todos estes recursos chave para a operação do modelo. A recolha e identificação dos principais recursos que compõem a infraestrutura do modelo proporcionou uma primeira antevisão dos recursos chave que devsem ser mobilizados para a inserção da tecnologia da Pavnext no mercado, sob a perspetiva TIS.

Passando à exposição da estratégia tomada para o lado do cliente (à direita da proposta de valor), o modelo criado visou não só o foco no cliente – as Câmaras Municipais - mas também o enquadramento da tecnologia e suas características com modelos atuais praticados. Em primeiro lugar, de maneira a manter um bom relacionamento com o cliente garantir a confiança deste perante um sistema emergente e inovador, as modalidades de negócio seriam executadas de modo *chave-na-mão* , no qual a Pavnext se encargaria do processo de instalação do equipamento, bem como da manutenção do mesmo (através de contratos operacionais) ao longo da vida útil do projeto (10 anos), sendo a manutenção executada de forma não só reativa, como também preventiva. Também, o fornecimento da componente sensorial do pavimento em formato digital se procederia sob a forma de prestação de serviços, sendo esta considerada como uma componente opcional aquando a aquisição do pavimento, cujo pagamento pode ser totalizado inicialmente ou através de um montante mensal ao longo do tempo, uma prática frequentemente utilizada como capitalização de dados em modelos de

negócio (Dijkman *et al.,* 2015). Relativamente a esta componente, foram estabelecidos dois pacotes consoante a informação preferencial para o cliente: o primeiro envolve apenas dois conjuntos de dados (tráfego e energia), e o segundo agrega os dados ambientais ao anterior.

Como entidade pública, as modalidades de negócio requerem uma atenção redobrada, visto os processos de contratação pública serem mais complexos, requererem conformidade com o código fixado neste tema, e ainda estarem sob influência da capacidade orçamental, uma agravante destacada pelos municípios no processo de *discovery*. Neste sentido, a estratégia proposta divergiu sobre duas potenciais modalidades de compra da tecnologia, ilustradas nas figuras 5 e 6, respetivamente:

Modelo 1: Adjudicação do Produto

Neste modelo, o cliente seria detentor de todas as propriedades do projeto. O processo de compra caracterizar-se-ia pelo pagamento de um montante de entrada inicial (podendo corresponder a 20.000€ ou 40.000€) com pagamento do restante montante sobre a forma de contratos operacionais, por forma a perfazer o valor total do investimento (60.000€). O emolumento dos contratos operacionais poderia ainda ser adaptado consoante o interesse do cliente, ou seja, ser honorado sob mensalidade ou montante anual, pelo período prefencial (contrato de 3 anos, com possibilidade de renovação até 10 anos).

Por fim, como anteriormente exposto, a componente dos dados é colocada como um extra ao investimento do equipamento. Esta componente apresenta também duas modalidades de pagamento: o primeiro pacote apresentaria um preçário de 50€/mês (ao longo dos 10 anos) ou 5.200€ por pagamento inicial, enquanto o segundo exibiria o preço de 90€/mês ou 10.000€. A escolha da opção como pagamento inicial seria agregada oo pagamento da entrada inicial do produto, e inclui o fornecimento dos relatórios ao longo do projeto. A opção que envolve a mensalidade, seria a par do pagamento dos contratos operacionais.



Figura 5: Modelo 1: Adjudicação do Produto. Elaboração própria.

Modelo 2: Parceria Público-Privada (ou *Sponsoring*)

O segundo modelo caracteriza-se pela realização de uma Parceria Público-Privada (ou também denominado *Sponsoring*), na qual um grupo de empresas iria patrocinar o valor de entrada inicial, neste caso, 30.000€. A Pavnext salientou um conjunto de potenciais parceiros com interesse em patrocinar um projeto deste tipo, tais como empresas do setor energético, empresas de gestão de tráfego, empresas de publicidade, seguradoras ou até organizações sociais. Nesta modalidade, surge a eventualidade de o cliente não ser detentor de todas as propriedades no projeto, uma vez que na hipótese de entrar, por exemplo, um patrocinador do setor energético, seria constituído a este o direito de exploração da energia gerada pelo pavimento. Da mesma forma, seria concedido o direito às outras empresas de realização de propaganda no local de instalação. O pagamento do montante restante (30.000€) ficaria a cargo do cliente (Câmara Municipal), o qual seria através de contratos operacionais, estes com a mesma possibilidade de adaptação face ao modelo anterior. Por último, a componente dos dados mantém-se sobre o formato extra descrito anteriormente. De forma inversa, a Câmara poderia ficar encarregue de entregar o valor inicial e os potenciais patrocinadores do valor referente aos contratos operacionais.

A escolha de inclusão de uma modalidade deste género surgiu pela razão esta ser uma modalidade cada vez mais utilizada e normalizada na implementação de projetos de energia renovável (Cedric & Long, 2017), e também em empreendimentos de cidades inteligentes (Lam & Yang, 2020), uma vez que muitas vezes projetos deste caráter requerem

investimentos adiantados consideráveis para as capacidades do setor público, possuindo como principal vantagem a sua amortização pelo setor privado.

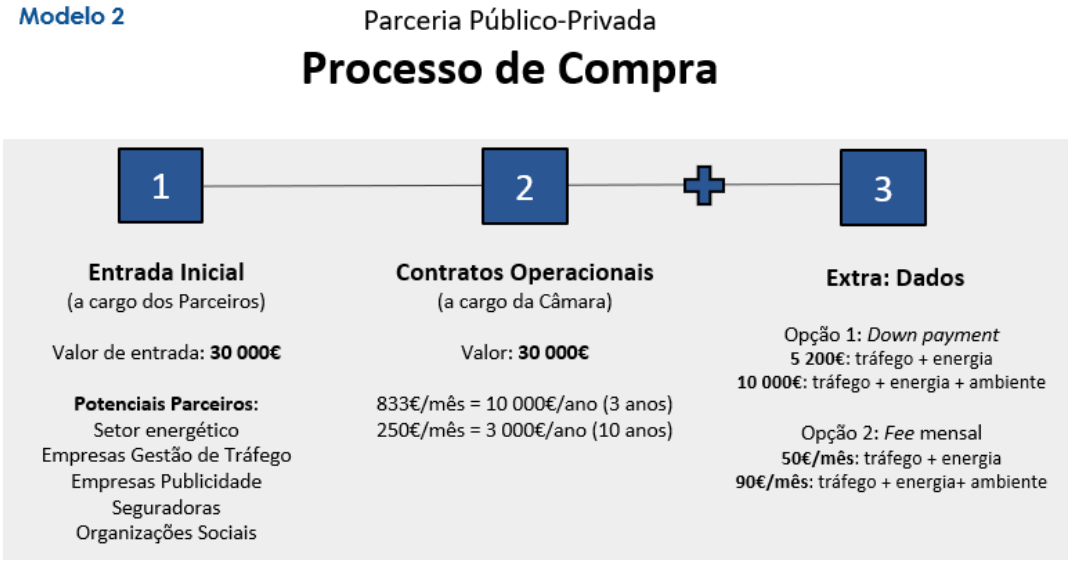


Figura 6: Modelo 2: Parceria Público-Privada. Elaboração própria.

Por último, como principais canais de comunicação, Pavnext conta atualmente com o próprio *website* e as plataformas Linkedin e Youtube, podendo numa fase posterior aderir a outros meios sociais. Desde a sua fundação, a Pavnext tem participado ativamente em concursos nacionais e internacionais de renome, tais como o Big Smart Cities, o Prémio Inovação Valorpneu e o Ideas from Europe, e tem integrado também em congressos ligados à sua área de atuação, o que permite uma grande exposição da empresa e a transmissão de uma imagem de confiança junto de atores relevantes no setor. Com respeito à componente de distribuição do produto, como já referido, considera-se a parceria com empresas locais para a fase de lançamento e estabelecimento do produto no mercado português, sendo que numa fase posterior, ao transitar para os mercados internacionais, a Pavnext pretende estabelecer parcerias com empresas de larga amplitude global.

Uma vez desenhado um potencial modelo de negócio a adotar para a tecnologia NEXT-Road, resta a validação deste por parte do cliente. Esta é uma atividade de extrema importância, uma vez que é a partir da recolha do feedback do cliente que se irá entender o potencial da tecnologia, da sua proposta de valor, das suas modalidades de negógio e, derradeiramente, do potencial de formação de mercado (Bergek *et al.*, 2008). Este é o

momento *checkpoint* da investigação, vital para a comprovação das Câmaras Municipais como nicho de mercado para as tecnologias RPEH.

4.4.2 Validação do Cliente

O exercício da validação do cliente, subsequente ao procedimento *discovery* na metodologia de Blank (2007), foi também executado sob a forma de entrevistas. Nesta segunda abordagem, foi apresentado o NEXT-Road, juntamente com principais características e valores acrescentados, bem como ambas as modalidades de compra elaboradas (adjudicação do protudo e PPPs), com intuito de perceber se: (1) a tecnologia tem interesse e valor para o cliente, (2) se as modalidades apresentadas são exequíveis para o cliente e (3) se o cliente estaria disposto a adquirir o produto, e sobre qual das modalidades preferiria. Esta metodologia vai também de encontro com a prática de experimenteção de modelos de negócio motivada por Chesbrough (2010), e ao apelo à iteração de processos no método de investigação-ação (Davison, Martinsons & Kock, 2004), pois a recolha da opinião dos entrevistados pode também contribuir para a própria alteração e melhoria dos modelos previamente definidos. O questionário praticado encontra-se no Anexo nº5.

Para esta fase, foram também contactados Municípios internacionais europeus, de modo a validar também o panorama internacional, relevante para o cumprimento do objetivo do estágio que envolve o desenvolvimento de uma estratégia de entrada de mercado nos mercados nacional e europeu. A tabela em anexo (nº18) exibe as observações retiradas pelos Municípios entrevistados: Município de Esposende, Gondomar, Maia e Matosinhos, a nível nacional, e o Município de Madrid, Valência e Haia, a nível internacional.

Em primeiro lugar, sublinha-se que o número de entrevistas realizadas foi inferior ao que se previa para esta atividade, devido à insurgência da Pandemia Covid-19 que dificultou a disponibilidade de outros municípios contactados. Ainda assim, o mesmo não foi impeditivo da recolha de informação valiosa para a investigação.

Com base nas entrevistas efetuadas, em modo virtual, constatou-se que o coletivo considerou como características mais valiosas do pavimento a promoção da segurança rodoviária, sendo que nesta componente foram valorizados à parte diferentes componentes: redução autónoma da velocidade, não causar poluição sonora. Em seguida, os mais destacados foram as poupanças energéticas e a geração e monitorização de dados, tendo ainda sido realçadas outras componentes, consoante o particular interesse do município, como o fator inteligente

e a acessibilidade da solução – *"o produto diferencia-se pela sua versatilidade"*. Curiosamente, quando colocada a questão de se era preferível a obtenção dos dados gerados pelo pavimento em formato digital ou por meio de uma plataforma quea os demonstrasse em tempo real, a maioria apontou para a segunda opção. Apesar de o número de respostas não ser demonstrativo, indica que a Pavnext deve considerar manter as duas opções disponíveis para seleção do cliente.

Quando questionado quais os potenciais fatores de entrave à implementação da tecnologia, o preço foi a resposta universal, refletindo, portanto, a relevância deste no processo de negócio com entidades municipais. A opinião predominante verificada sobre o preço apresentado foi que era elevado, dado o carater ainda imaturo da tecnologia, o que transmite também uma dificuldade na perceção do valor agregado do projeto por parte dos entrevistados. Contudo, o município de Matosinhos em disparidade com os anteriores manifestou o preço como "*aceitável*".

Em relação ao Modelo 1, sobre a possibilidade de renovação de contratos por longos períodos, a preferência geral é ser até 3 anos, pois uma renovação exige justificações acrescidas, mas em última análise, foi declarado como possível. Esta opção foi vista de forma positiva pelos municípios de Esposende, Matosinhos e Gondomar, pela possibilidade de diluição do investimento ao longo do tempo, à exceção da Câmara da Maia, que preferiu o pagamento to montante total, e conjugar-lo com uma candidatura a financiamento. Esposende e Matosinhos também viram exequibilidade nesta opção. A nível internacional, não se conseguiu obter uma resposta exata sobre esta comparação. Relativamente à possibilidade de inserção da tecnologia num processo de empreitada, opinião geral, os entrevistados viram compatibilidade (Esposende, Matosinhos, Madrid e Valência). Contudo, alguns destacaram que fazia mais sentido como prestação de serviços (Maia, Matosinhos, Gondomar).

Em respeito ao Modelo 2, embora no processo de *discovery* no panorama nacional, se tenha vindo a salientar que em termos de desenvolvimento organizacional, apenas as Câmaras de maior dimensão como é o caso de Lisboa demonstrou ter realizado PPPs, a grande maioria não está habituada a praticar estes modelos, pelo seu grau acrescido de complexidade e burocracia, e por isso está mais reticente à sua utilização (Maia e Gondomar). Ainda assim, verificaram-se entidades dispostas a experimentar esta modalidade (Esposende e Matosinhos), pela clara vantagem na compartilha dos custos relativamente à adoção da

tecnologia. A nível internacional, a execução destes modelos é já é vista com maior normalidade para as entidades Municipais, tendo por isso mais acessibilidade em angariar parceiros (testemunho de Valência e Madrid). Contudo, novamente ressalvaram que são processos mais complexos e dependentes das partes constituintes do mesmo. A conclusão que se tira é que, para a operação deste modelo, a Pavnext tem de ter uma base de contactos com parceiros forte de modo a trazer mais confiança, principalmente a nível nacional.

Como conclusão, para a validação do cliente, verifica-se ainda uma certa incerteza quanto ao modelo ideal a adotar, derivado de este processo não estar todavia completo, e também por não se verificar um modo de operação padronizado entre as câmaras municipais entrevistadas, que demonstraram diferentes preferências, o que permite aferir que a Pavnext deve manter uma gama flexível de modalidades de negócio a adotar. Contudo, até ao momento compreende-se um interesse geral por parte dos entrevistados na solução, inclusive na sua aquisição, refletindo um **potencial de mercado favorável para a Pavnext e seu produto**, sendo a sua maior barreira debelar o preço do mesmo, que foi sempre dado como o maior obstáculo à implementação do projeto. Também foi possível aferir a grande importância que a consolidação da tecnologia tem para ganhar o interesse dos potenciais clientes, pelo menos do ponto de vista internacional (caso de Haia).

Deste exercício foram retiradas também observações relevantes: dado o caráter inovador e experimental da tecnologia, foi manifestada a preferência em implementar primeiro a solução sob a forma de um projeto piloto e só depois, consoante os resultados, verificar o potencial de compra do produto. Este *feedback* permitiu especular a hipótese de realização de um modelo no qual seria estabelecido que, após a implementação de um piloto bem-sucedido (com definição de critérios de sucesso), a entidade teria de comprar um número de equipamentos à empresa, a definir, no ano seguinte. Outro dado relevante foi a vontade em conjugar a aquisição do produto com uma candidatura a financiamento, e sobre isto, a Pavnext poderia melhorar a relação com o cliente ao estar a par de eventuais Avisos que fossem compatíveis com a tecnologia e comunicar às entidades institucionais.

Finalizada a análise, tornou-se possível aferir neste ponto da investigação que as tecnologias *energy harvesting* com aplicação no pavimento rodoviário têm um potencial de formação de mercado favorável, a considerar o nicho urbano. Em particular, no âmbito da produção e gestão energética sustentável, apesar de a tecnologia em estudo não ter capacidade de devolver o investimento pela sua exploração, a sua inserção e prestação de contributos neste

domínio é evidente, e acima disso, valorizada pelo cliente. Tal como o sucedido com o sistema NEXT-Road, o levantamento de outros benefícios provisionados por estas tecnologias devem ser enfocados, de modo a agregar mais valor a estas, e, analogamente, aumentar a visão e atratividade da indústria RPEH.

4.5 Elaboração da Estratégia *Go-to-Market*

4.5.1 Análise TAM-SAM-SOM

O objetivo fundamental de uma estratégia de entrada no mercado consiste em obter uma experiência benéfica e vencedora do cliente (Friedman, 2002), devendo esta emergir de um estudo diligente ao mesmo. Uma vez já validado o interesse do cliente para o produto em estudo, e compreendido a sua forma de pensar mediante a disponibilidade a comprar, o passo seguinte consistiu numa análise quantitativa do tamanho de mercado para o produto da Pavnext. A Análise TAM-SAM-SOM constitui uma ferramenta que permite estimar o potencial de mercado para um dado produto ou serviço, pela quantificação do mercado em três grandezas que decorrem da *targuetização* do cliente (Vieira & Silva, 2018). Assim, a referida análise fundamentou-se no mercado genérico do produto – as *smart cities* – focalizando não só no mercado nacional, mas também o europeu. Para a valorização do mercado, o valor unitário dado à tecnologia foi 40.000€.

TAM – *Total Available Market*

De forma a mensurar o mercado total disponível (TAM), foi quantificado o número de unidades administrativas municipais na Europa, que de acordo com o Conselho Europeu de Municípios e Regiões (CEMR), em 2016 totalizava 103.477 Municípios. A área total coberta pelos municípios europeus assinalados corresponde a uma área de cerca de 10.180.000 km^2, e abrange cerca 741,4 milhões da população global.

Uma vez que o mercado genérico do produto se endereça às *smart cities*, e à semelhança do verificado no panorama Português, constatou-se a existência de redes de cidades inteligentes similares à RENER, as quais foram tomadas como alvo. A tabela em anexo (nº19) expõe este pressuposto em alguns países europeus, do qual se extrapolou, por meio de uma média aritmética, que cerca de 5% dos municípios de cada país constituíam municípios com atividades e interesse no domínio das cidades inteligentes, logo, correspondente a 5% dos municípios na Europa, a uma área de cerca de 509 mil km^2, envolvente de uma porção

significativa de 31% da população europeia. Dada a aplicabilidade do NEXT-Road nas imediações de passadeiras, procedeu-se a um método manual de contagem de passadeiras (anexo nº 20), realizado no programa Google Earth, aplicado aos municípios portugueses de Lisboa, Gondomar, Esposende, e aos municípios Espanhóis de Madrid e Badajoz, estimou-se um número médio de passadeiras por km^2 de cerca de 25. Assim sendo, por meio de um método simples de equivalência, estima-se que na área de municípios inteligentes na Europa (509.000 km^2) existem cerca de 12.725.000 passadeiras, perfazendo assim uma quota de mercado disponível de cerca de 509 biliões de euros.

SAM – *Serviceable Available Market*

De modo a estreitar o tamanho de mercado anterior, foram tidos em conta os limites práticos do mercado ao qual a Pavnext pretende endereçar-se. Como principal limite observado no segmento estudado considerou-se a sua capacidade de compra perante investimentos elevados. Como tal, seria pouco provável uma cidade instalar a tecnologia em todas as passadeiras marcadas na área urbana, e por isso, dado o interesse demonstrado nas entrevistas em testar inicialmente o pavimento em locais sinistros críticos - "*onde realmente precisa*" - o mercado que a Pavnext pode servir (SAM), para uma primeira fase, consiste nas áreas mais sensíveis a respeito da sinistralidade rodoviária.

Neste sentido, foi realizado um levantamento de pontos onde foram registados acidentes rodoviários com feridos graves e fatalidades, nos municípios Portugueses de Esposende, Gondomar e Lisboa, e nos Municípios Espanhóis de Madrid e Badajoz, dados providenciados pelas plataformas ANSR e DGT. Deste levantamento, em relação com o número total de passadeiras estimado nos municípios referidos, foi calculada a percentagem de passadeiras sensíveis. Por sua vez, deste conjunto, retirou-se a média ponderada (1,80%) que serviu de base de calculo para a contabilização de locais passíveis de instalação do pavimento (anexo nº20). Foram assim estimadas cerca de 229.050 passadeiras a nivel europeu, equivalente a um valor do mercado alcançável de cerca 9,2 milhões de euros, nesta primeira fase de desenvolvimento do projeto.

SOM – *Serviceable Obtainable Market*

Por fim, de modo a calcular a porção do mercado que a Pavnext pode *realmente* obter, foi novamente tida em conta a barreira do investimento, mas desta vez sob o ponto de vista comportamental das entidades municipais. Como evidenciado pelas entrevistas, os municípios estão geralmente sujeitos a restrições orçamentais, facto que vem corroborar a necessidade de alocar o escasso orçamento para um amplo conjunto de necessidades na cidade. Neste sentido, foram consultados os relatórios GOPs (Grandes Opções do Plano - Municipal) das cidades Lisboa, Gondomar e Esposende, nos quais foram retirados especificamente os gastos municipais relativos à realização de obras públicas, sinalização rodoviária, semaforização, sistemas de monitorização de tráfego, que em comparação com o orçamento total do município, foi possível estimar que apenas 6,42% dos orçamentos municipais (valor médio das três cidades) são dedicados a esses mesmos gastos, valor que aplicado permite deduzir o valor de mercado obtenível (SOM) de 588 milhões de euros.

Deste modo, tendo por base os métodos acima descritos, obteve-se um valor de mercado real de cerca de 588 milhões de euros, que corresponde a cerca de 0,1% do mercado total disponível identificado (TAM), 6,42% do mercado disponível a servir (SAM). Contudo, o valor apresentado, apresenta um grande potencial de crescimento, já que, perspetivando a valoração do mercado para um curto prazo, obtém-se que em termos de crescimento da generalidade do mercado de *smart cities*, a dimensão deste mercado está prevista aumentar a uma taxa de crescimento anual de cerca de 18,8% até 2026 (Persistance Market Research, 2019), sendo expectável que após esse período a Pavnext possa facilmente alargar o espetro de mercado a que se dirige.

4.5.2 Estratégia Comercial

Segundo Friedman (2002), os ingredientes principais para uma estratégia de entrada de mercado são: o mercado, os clientes, os canais, o produto e a sua proposta de valor. Até este momento da investigação, tem-se dado ênfase ao produto (proposta de valor), ao mercado e ao cliente, e validadas estas funções, será agora focada a componente estrutural do negócio, já levemente adiantada na secção relativa à elaboração do modelo de negócio (secção 4.4).

Em termos de fontes de rendimento, recordando o estabelecido anteriormente no modelo de negócio, a Pavnext considera a sua obtenção através da comercialização do equipamento

(venda do produto), a operação dos contratos operacionais (serviços) de cada venda de produto e dos dados providenciados aos clientes (serviços). Relativamente à venda do produto, as barreiras levantadas pelo cliente em estudo foi o seu elevado custo, aliado ao seu caráter ainda emergente e experimental. Este é um problema universal quando se fala em novas tecnologias disruptivas, que repetidamente trava o sucesso destas (Carvalho, 2015). Contudo, o seguinte facto foi verificado: há interesse na tecnologia e no seu valor acrescentado, e demonstrou-se disposição em implementar o equipamento sob a forma de piloto e avaliar primeiro o seu desempenho no ambiente real.

O que o facto anterior comprova é que a estratégia comercial para o NEXT-Road, numa fase inicial, poderá ser fundamentada no processo de *Roll-out,* um dos métodos de escalabilidade de iniciativas de cidades inteligentes explorados por Winden & Buuse (2017). Este processo centra-se na utilização de um projeto piloto como via de recolher resultados e ampliar o produto e/ou serviço dentro da organização – neste caso, o município – e a própria realização do piloto permite a identificação de eventuais falhas (quer no modelo de negócio em operação, quer aspetos técnicos) que podem ser endereçadas e servir de aprendizagem. Além de aprendizagem, o próprio ato de experimentação local oferece visibilidade ao projeto, favorece o envolvimento das comunidades que detêm um papel fulcral na sua aceitação e promoção, fatores que foram fundamentais no desenvolvimento da indústria eólica portuguesa, e desencadearam a criação oportunidades de coleção de recursos (Bento & Fontes, 2015). Este tipo de *scaling* aplica-se essencialmente a produtos inovadores manufacturados, e por isso enquadra-se no âmbito da tecnologia da Pavnext.

Não obstante, uma tecnologia inovadora pode estar sujeita a mais do que uma estratégia de *upscaling* (Winden & Buuse, 2017). Por forma a alavancar o crescimento da Pavnext enquanto *startup*, e à medida que é criado posicionamento e maior confiança no mercado local, surge a motivação de iniciar o processo de internacionalização, que proporciona uma redução da dependência do mercado doméstico, bem como o aumento do seu caráter competitivo e de sustentabilidade a longo prazo. Neste âmbito, enquadra-se a estratégia de replicação, um tipo mais complexo, e que pode ser aplicado a todo o tipo de iniciativas de cidades inteligentes, que se alicerça na replicação da solução num outro contexto – neste caso, outra cidade, e mesmo noutro país – podendo esta ser operada pela equipa original ou por parceiros intermediários.

O acesso a novos mercados é motivado pela ambição de expansão do leque de clientes e, consequentemente, globalização da utilização da solução desenvolvida. Por conseguinte, uma maior taxa de adoção da tecnologia, vem também permitir a redução dos custos de produção unitários, e ultimamente, o alcance de melhores resultados económico-financeiros. A escolha do modo contratual com parceiros distribidores constitui um passo fulcral, aquando do processo de internacionalização, visto que este acarreta uma panóplia de vantagens: a redução do risco e do investimento inicial, a disponibilização de *know-how* necessário à operação nesses novos mercados, assim como a capacidade de penetração e cobertura desses mercados de uma forma mais eficaz e eficiente (Friedman, 2002). Neste campo, para a internacionalização do NEXT-Road são consideradas as grandes empresas tecnológicas, assim como as empresas de infraestruturas, uma vez que ambos trabalham normalmente com entidades governamentais, e apresentam a capacidade geográfica e técnica necessária para levar a cabo a instalação do produto a nível internacional. A construção de canais externos na cadeia de valor oferece uma maior exequibilidade e eficiência na chegada ao cliente final, e por isso, uma rede de distribuição fundamentada numa estratégia multi-canal deve ser construída de modo a alavancar o potencial competitividade da solução no mercado. No caso do mercado fotovoltaico alemão (Dewald & Truffer, 2012), inicialmente, as empresas prestadoras de serviços de instalação, bem como outros serviços necessários à colocação dos paineis solares (canalizadores, empreiteiros, etc.) viram estas tecnologias com algum ceticismo, o que obrigou as empresas renováveis a operar toda a cadeia de valor, mas uma vez criado um tamanho de mercado considerável, estes atores intervieram e formou-se a oportunidade de criação de redes de negócio na cadeia de valor dos paineis solares, o que potenciou em larga escala o desenvolvimento do mercado.

Posto isto, a Figura 7 retrata a estratégia comercial edificada para a inserção do NEXT-Road no mercado.

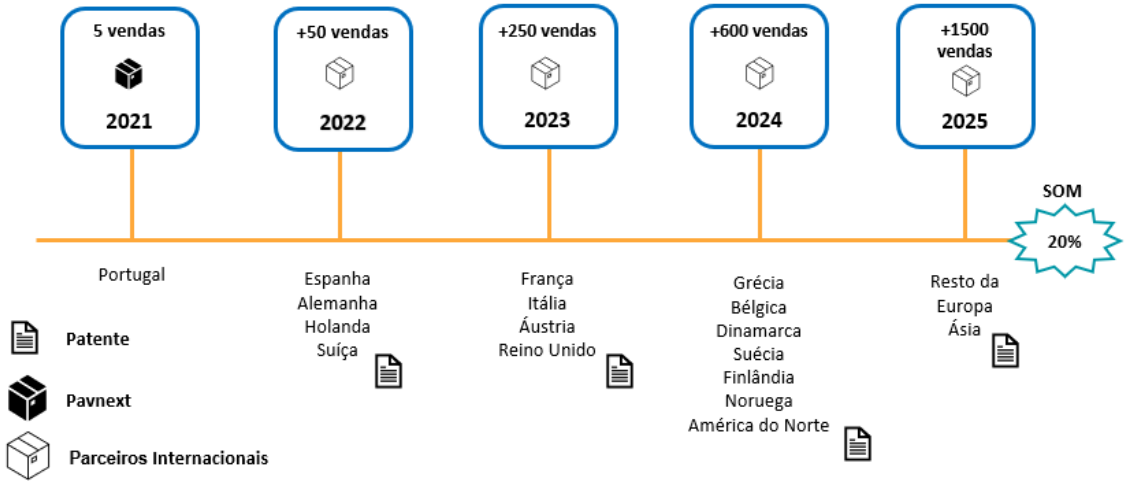


Figura 7: Estratégia Comercial para o NEXT-Road. Elaboração própria.

À semelhança da maioria das PMEs, a Pavnext, numa primeira fase tem como objetivo a expansão para mercados mais próximos em termos geográficos e culturais, sendo por isso o mercado europeu aquele com maior relevância nestes domínios. Neste sentido, para o primeiro ano de atividade comercial (2021), a Pavnext pretende lançar-se no mercado português, com pelo menos 5 unidades vendidas em 5 cidades portuguesas. Em seguida, a partir do segundo ano de atividade, a Pavnext, com uma posição melhor estabelecida e consolidada no mercado nacional, poderá endereçar-se nos mercados europeus de maior proximidade e atividade no setor da mobilidade e segurança e cidades inteligentes, nos quais possui alguns contactos úteis para a constituição de parcerias no âmbito da produção, comercialização e distribuição do produto, como é o caso do mercado espanhol, alemão, holandês e suíço. Para este segundo ano prevê-se um crescimento significativo da atividade da empresa, podendo alcançar uma variação de 1.000% em comparação com o primeiro ano. Este crescimento pode também ser justificado pela entrada de outros segmentos de clientes aparte das entidades municipais, ressaltados no exercício de segmentação (secção 4.2.1) como por exemplo o caso de empresas operadoras de autoestradas e infraestruturas. Com o aumento do mercado e da atividade comercial da empresa, prevê-se também uma melhoria no processo de industrialização - produção e distribuição do produto - que por sua vez, irá viabilizar a redução do custo ao cliente, debelando assim a barreira respetiva à capacidade de compra do setor público, impulsionando a aquisição do sistema. Ao final do terceiro ano, com a entrada em outros mercados europeus, espera-se alcançar a venda de mais de 250 sistemas, equivalente a um crescimento de 500%. Numa fase posterior, a partir do quarto ano serão considerados os mercados exteriores à Europa, nomeadamente, o mercado norte-

americano (EUA e Canadá) e asiático (China, Japão, Índia e Singapura), já que representam os principais mercados nos quais a Pavnext detém a sua patente, e também por constituírem os mercados com maior poder económico e densidade populacional, fatores que sustentam um elevado potencial de desenvolvimento para a empresa. Desta forma, a Pavnext terá potencial para alcançar cerca de 20% do mercado estimado (SOM) ao final do quinto ano, com taxas de crescimento mais suaves (240%-250%) do quarto para o quinto ano.

A partir da estratégia apresentada, é possível interpretar a complexa quantidade de recursos necessária reunir para a operação eficaz da entrada no NEXT-Road para o mercado. Do ponto de vista interno, desde a contratação de pessoal qualificado com conhecimentos técnicos e científicos nas áreas da engenharia, finanças, gestão e comunicação; instalações de trabalho; registo de propriedade intelectual; e todos os materiais eventualmente necessários. No ponto de vista externo, um destaque relevante vai para as necessidades financeiras da empresa, que em estágios de lançamento não tem capacidade de autofinanciar-se, que devem ser cobertas por meio de financiamento externo por capital de risco ou através de programas de apoios, e em seguida, a agregação de parceiros fornecedores e distribuidores (nacionais e internacionais) são peças chave para a inserção no mercado e desempenho do negócio.

Desta forma, evidencia-se a dependência do alinhamento de recursos estratégicos internos e externos para o desenvolvimento da indústria RPEH. Contudo, o progresso de um mercado em formação requer ainda o envolvimento de órgãos externos relevantes, capazes de legitimar o TIS em estudo, objeto a ser explorado no próximo e último ponto da secção de resultados.

4.6 Estudo de Impacto SETA

Por último, de modo a comprovar que a tecnologia NEXT-Road tem potencial de adquirir legitimidade, na medida em que está em linha com os ideais políticos e institucionais impostos na atualidade, assim como oferece características desejáveis a partes interessadas, foi desenvolvida uma Análise de Impacto SETA. Esta análise, inspirada no quadro conceptual europeu SEE-IT[7], tem como objetivo o diagnóstico dos impactos (contributos) que a solução da Pavnext poderá potenciar em dimensões sociais, económicas, tecnológicas e ambientais. Ao contrário da ATE desenvolvida no ponto 3 da presente secção (4.3), elaborada para análise das capacidades técnicas do pavimento, esta metodologia veio agregar outras componentes do pavimento, além das energéticas, e intende explorar os contributos que o sistema poderia gerar no decorrer dos dez anos de operação.

Para o efeito, foram estabelecidos 3 cenários - mínimo, médio e máximo - nos quais os parâmetros definidos variáram nessas dimensões. A caracterização dos cenários pode ser verificada em anexo (nº21), com a descrição das principais variáveis utilizadas (redução de acidentes de tráfego, incluindo feridos graves e fatalidades, e tráfego médio diário), juntamento com os valores de valorização económica considerados para o estudo, como os custos sociais e económicos derivados da sinistralidade (Donário & Santos, 2012), entre outros associados à produção de energia e CO_2. A tabela no anexo nº22 apresenta os resultados obtidos.

Dimensão Social

Do ponto de vista social, os principais efeitos da operação do NEXT-Road manifestam-se sobre a forma da redução da sinistralidade rodoviária. Para a conceção dos cenários mínimo, médio e máximo, baseou-se em valores observados nas entidades de referência de segurança rodoviária Portuguesa e Espanhola (ANSR e DGT, respetivamente), com extrapulação de uma média ponderada, a qual foi utilizada para o cenário máximo, com a aplicação de uma redução percentual para os cenários médio e mínimo. Ora, a partir da implementação e operação do pavimento ao longo de dez anos, estimou-se um potencial de redução de até 390 acidentes evitados, uma diferença de 110 acidentes em comparação com o cenário

[7] *Social Economic and Environmental Impact Tool* (SEE-IT) – ferramenta inserida no programa *European Innovation Partnership* (EIP) para a conceção de cidades mais habitaveis ao envelhecimento, utilizada como suporte para a avaliação de efeitos *ex-ante* e *ex-post* de soluções inovadoras (Towards an Age-Friendly Europe, 2016)

mínimo (280). Focando nos acidentes com vítimas feridos graves e fatalidades, podem ser evitados até 150 feridos graves, entre 1 a duas fatalidades por ano, para o período considerado. A atuação do pavimento como medida de acalmia de tráfego eficaz traz às cidades um novo e melhor conceito de segurança e confiança para as comunidades residentes.

Dimensão Económica:

Em matéria social, os custos evitados associados à redução da sinistralidade são gigantescos, podendo estes alcançar um total de 27,7 milhões de euros. Adicionalmente, o consumo da energia produzida pelo pavimento no período estimado enaltece um valor económico poupado de até 47.330 € pela inutilização de energia da rede. Nestes 10 anos, o uso da energia produzida permite evitar a emissão de até 68 toneladas de CO_2, o que corresponde a um valor económico de aproximadamente 1.605 €, de acordo com os valores de VCT de 23.619 €/tonelada de CO_2[8], indicador da contribuição para uma economia mais descarbonizada. No total, a operação do sistema da Pavnext gera um valor agregado de cerca de 28 milhões, 16 milhões e 11 milhões de euros, para os cenários máximo, médio e mínimo, que em relação ao o investimento da sua aquisição (60.000 €), este representa apenas 0,52% , 0,37%, 0,22%, respetivamente, do valor que é capaz de criar.

Dimensão Tecnológica:

Nesta dimensão, o contributo da solução da Pavnext diverge sobre três áreas de relevo no seio da inovação e tecnologia na atualidade: a promoção de um sistema energético mais resiliente e sustentável nas cidades, o apoio na conceção de cidades inteligentes, e na difusão da mobilidade elétrica sustentável. No período estimado, prevê-se a geração de quase 80 MWh de energia limpa e renovável, a qual pode ser armazenada e dirigida a aplicações elétricas urbanas quando necessária. O seu caráter de produção descentralizada aliado ao sistema de operação inteligente pode potenciar o desenvolvimento de redes inteligentes, mais concretamente, as *urban-microgrids,* e especular a viabilidade de conexão entre um número de pavimentos instalados (aplicados em escala) com a rede elétrica citadina e assim providenciar um sistema elétrico mais otimizado, eficiente, limpo, e económico (Parag & Ainspan, 2019).

[8] Portaria nº 42/2020 de 14 de fevereiro, *Diário da República nº. 32/2020*, que fixa a taxa do adicionamento sobre as emissões de CO(índice2) de 23,619 (euro)/t de CO(índice 2).

A segunda área de relevo tecnológico é inteiramente promovida pela componente sensorial do sistema da Pavnext. Considerando o segmento de clientes identificado pela Pavnext (entidades municipais), a agregação, monitorização e análise destes dados permitiria um processo de tomada de decisão mais fundamentado em aspetos ligados ao tráfego da cidade, com vista a melhorar os fluxos de tráfego e, assim, a habitabilidade da cidade. Adicionalmente, a informação captada pela tecnologia da Pavnext é transversalmente relevante a outros setores económicos, como por exemplo, aos Seguros (que possuem interesse nos dados de tráfego), bem como à área Comercial e Publicidade, cujo acesso a este tipo informação pode constituir um aliado importante à sua atividade, na medida em que permite a criação de maior valor através da obtenção privilegiada dos padrões de deslocação e afluência do consumidor. Hoje, o Domínio IoT apresenta um papel essencial como fonte de informação para fundamentar e potenciar melhores estratégias e tomadas de decisão (Dijkman *et al.,* 2015), e nesse sentido, com a informação analítica gerada, o NEXT-Road pode auxiliar outros agentes económicos, contribuindo para a prosperidade da economia local e digital como um todo. Por último, este sistema pode alavancar o desenvolvimento da mobilidade elétrica citadina, pela provisão de energia para o carregamento de variadas formas de mobilidade elétrica. Neste ponto, a título de curiosidade, sabendo que a passagem de 70 veículos no pavimento permite o carregamento de uma bicicleta elétrica (informação fornecida pela Pavnext), e considerando os valores de tráfego nos cenários apresentados, poderiam ser carregadas até 143 bicicletas por dia, no cenário mínimo, 286 no cenário máximo, que culminaria num total de 52.143 e 101.286 bicicletas por ano, respetivamente, se a energia gerada fosse direcionada para a mobilidade.

Dimensão Ambiental

Como se tem vindo a constatar ao longo do relatorio, o principal contributo ambiental do sistema da Pavnext centra-se ne redução das emissões de CO_2, e consequente melhoria da qualidade do ar, que nos cenários considerados estes valores atingem no cenário mínimo mais de 34 toneladas evitadas, e no cenário máximo cerca de 68 toneladas evitadas. Em paridade, a tecnologia transmite os valores da economia circular: O design específico do produto da Pavnext apresenta 20% de materiais reciclados, sendo a constituição do produto 95% reciclável. De entre os materiais reciclados, a tecnologia utiliza borracha de pneu usado (após o seu fim de vida) para a camada superficial do pavimento e ainda outro composto do módulo, o que perfaz para uma aplicação de 20 metros de NEXT-Road, a reutilização de um

total de cerca de 400 pneus para a sua produção, com um acrescento de 100 pneus para a manutenção ao longo do período de operação. Desta forma, a conversão de um produto, que de outra forma sería resíduo em recurso, transfere à tecnologia da Pavnext um papel significativo na mitigação e redução do impacto ambiental associado ao descarte impróprio dos pneus no meio ambiente (libertação de gases tóxicos e destruição de habitats) (Kole *et al.*, 2017).

Por todos estes aspetos levantados, entende-se que a tecnologia NEXT-Road se assume como uma solução não só inovadora, mas também necessária, uma vez que vem promover a qualidade de segurança, inerente ao bem-estar das comunidades, ao mesmo tempo que impulsiona a sustentabilidade de setores de relevo, como o setor energético e o setor da mobilidade, prestando ainda benefícios no seio tecnológico, concretamente, na disposição de dados úteis que impulsionam a conceção de cidades (e negócios) mais inteligentes. A panóplia de contributos entregues pela supracitada, contributos estes que combatem adversidades marcadas, mais que evidencia o seu alinhamento com os quadros regulatórios e políticos atuais que visam investir e reinventar os setores económicos que movem a sociedade, e por isso, reflete-se o potencial de legitimação para a solução da Pavnext.

Além disso, e de igual relevância, a atitude pioneira da empresa em desenvolver normas de qualidade e certificação para este tipo de tecnologias incrementa também a sua aceitação. No caso concreto da indústria RPEH, que pretende aplicar os sistemas na via rodoviária, certos critérios devem estar em conformidade com o que a lei estipula, nomeadamente, em termos de adesão ao pavimento e infraestrutura rodoviária, sendo para esta questão indispensável ter o apoio de entidades de relevo neste campo, que atestem, confiem e promovam a tecnologia, tornando-se parceiros chave para a operação do negócio – no caso português, entidades como a ANSR, IMTT, ACP, entre outras.

5 Conclusões

Com a crescente necessidade de conceção de fontes alternativas de energia, a aplicação e a investigação na indústria de captação energética têm verificado um crescimento sobejo. Neste setor, o segmento RPEH exibe um enorme potencial, com as estradas e infraestruturas de transporte a funcionar como um recurso promissor para a captação e geração de energia (Duarte & Ferreira, 2016). Todavia, este é um campo emergente e imaturo, onde a maior parte das tecnologias existentes (que ainda assim, são poucas) estão inseridas em proto-nichos debaixo de processos de desenvolvimento e experimentação, o que assevera a insuficiência de conhecimento prático no que toca a reunião de recursos genéricos e processos de formação de mercado que guiam o surgimento e inserção de tecnologias disruptivas como estas, e posterior desenvolvimento e escalabilidade do novo ramo industrial.

Neste relatório, é fornecido um estudo integrado proveniente de uma abordagem de Investigação-Ação em contexto empresarial (Davison, Martinsons & Kock, 2004)., no qual se conceptualiza a indústria RPEH como um Sistema de Inovação Tecnológica (TIS) (Hekkert *et al.*, 2007; Bergek *et al.*, 2008), e se explora a capacidade de formação de mercado e potencial de escalabilidade dos pavimentos *energy harvesting*, bem como os seus contributos, por meio do caso de estudo baseado no produto da Pavnext – o NEXT-Road. O envolvimento e execução sistemática das atividades do estágio permitiu combinar as várias metodologias de investigação e avaliar holisticamente quer o seu contributo prático para com a resolução do desafio levantado pela empresa, quer o seu contributo teórico para com a literatura TIS.

A empregabilidade deste quadro conceptual a uma única tecnologia e empresa veio contribuir com uma nova perspetiva de análise dos processos descritos em Bergek *et al.* (2008), ao canalizar e restringir a amplitude da investigação em torno das dinâmicas microempresariais e estratégias de negócio, ao invés da típica abordagem de desenvolvimento e evolução económica espacial, aplicadas em outros TIS (Dewald & Truffer, 2012; Bento & Fontes, 2015; Binz *et al.*, 2015). Deste modo, a inclusão e relação de doutrinas como a formulação de modelos de negócio e proposta de valor segundo os métodos de Osterwalder *et al.* (2005, 2014), juntamente com a abordagem de estudo do cliente de Blank (2007) e ainda as estratégias de escalabilidade de soluções inovadoras (Cooley & Kohl, 2005; Winden & Buuse, 2017) proporciona uma avaliação mais detalhada e concreta, que culminou no fornecimento

de um *roadmap* ajustado ao desenvolvimento e inserção de tecnologias emergentes no mercado, à luz da estrutura TIS.

Ao longo da investigação, foi possível identificar os três componentes estruturais que compõem um sistema de inovação (Bergek *et al.*, 2008) – atores, redes e instituições - para a índustria em estudo, evidenciando assim a existência de um TIS. Da mesma forma, as atividades realizadas no estágio permitiram uma interpretação mais aprofundada dos processos chave caracterizantes do desenvolvimento de um TIS, à escala de um produto, e como estes se mantêm aplicáveis sob esta perspetiva:

- *Desenvolvimento de Conhecimento*: considerado como a função central do sistema que guia o TIS, constitui também uma função de extrema importância em contexto empresarial, e analogamente, para o diagnóstico do ecossistema envolvente ao NEXT-Road e identificação de barreiras e oportunidades ao seu desenvolvimento no mercado;
- *Formação de Mercado*: uma componente decisiva no potencial de um produto, e posterior desenvolvimento do sistema. A abordagem tomada concentrada no cliente - as Câmaras Municipais – permitiu a validação deste como parte interessada, e um primeiro nicho para o qual a solução da Pavnext tem a capacidade de entregar de valor e inserir no mercado;
- *Mobilização de Recursos*: tão importante como ter uma solução valiosa é saber montar a infraestrutura capaz de a fazer chegar ao cliente. A reunião de recursos demonstrou-se como uma função transversal a todas as etapas de evolução de uma tecnologia, desde a sua conceção até à sua eventual globalização. Com especial foco para a inserção e estabelecimento no mercado, a utilização de ferramentas dirigidas à elaboração estratégica de modalidades de negócio permitiu a identificação dos recursos essenciais para a estratégia de entrada no mercado do NEXT-Road, relacionando-os com o cliente e antevendo necessidades para o seu progresso sustentável.
- *Legitimação da Tecnologia* – neste último tema, o sistema da Pavnext apresentou-se como uma tecnologia necessária e desejável para um conjunto de temas sociais, económicos, tecnológicos e ambientais que movem a sociedade, fatores que poderão

alavancar a sua legitimação por órgãos institucionais relevantes, bem como a aceitação iminente pelas comunidades utilizadoras deste.

Deste modo, confirma-se que a abordagem conceptual TIS mantém-se aplicável, compatível e, sobretudo, relevante para o estudo da capacidade de formação e desenvolvimento de mercado de tecnologias singulares, disruptivas e emergentes como a supracitada. Assim, torna-se possível responder às questões levantadas no princípio da investigação:

Q1: Qual o potencial de mercado dos pavimentos *energy harvesting*, no âmbito da produção e gestão energética sustentável urbana, e que processos devem ocorrer para a formação de mercado associado a esta tecnologia?

Este tipo de soluções vêm endereçar ao objetivo da neutralidade carbónica, pela promoção à redução e otimização de consumos energéticos em paridade com a produção sustentável de energia diretamente em ambiente urbano, valores que estão em linha com os quadros politico-legislativos ambiciosos da atualidade. A presente investigação demonstrou que, além da capacidade de geração de energia do pavimento tecnológico, a agregação de outras características pode contribuir em larga escala para a atratividade e o interesse destas pelo cliente, principalmente quando dirigidas a outros problemas universais demarcados. Acima de tudo, demonstrou a predisposição e exequibilidade das entidades municipais como um primeiro nicho a apostar aquando a entrada no mercado.

Considerando o desenvolvimento sucinto e linear das diferentes fases de desenvolvimento de mercado para tecnologia alvo da investigação, proporcionou-se um argumento explicatório, com conhecimento prático acrescentado em dimensões concretas de mercado, cliente, recursos e legitimidade, que comprova a correspondencia desta indústria em ascenção com as funções que caracterizam um TIS em formação. Este argumento oferece também uma nova perspetiva de como a inserção dos pavimentos *energy harvesting* no mercado e sucesso evolutivo pode ocorrer: através de um esforço ativo concentrado na identificação e operação de diversos nichos, com elaboração de estratégias que ofereçam visibilidade, e sobretudo, confiança sobre estas tecnologias ainda imaturas. A realização de pilotos e experimentação é extremamente importante para a localização de falhas e angariação de recursos, nomeadamente parceiros que possam alanvancar a expansão e globalização da indústria.

Q2: Quais os contributos das tecnologias *energy harvesting* aplicadas a pavimentos rodoviários para a descarbonização das cidades no setor energético?

O principal contributo destas tecnologias para com o panorama energético urbano atual advém diretamente da produção de energia renovável, que uma vez localizada nos centros citadinos proporciona a sua direção eficaz e sem perdas para um número de aplicações e serviços, tornando-os autossustentáveis. Naturalmente, a utilização de energia gerada de forma limpa, contribui para a diminuição de emissões de CO_2 para o meio ambiente, e consequente descarbonização do sistema elétrico nas cidades. Simultaneamente, a presente investigação provou uma índole multivalente destas tecnologias com outros setores de relevo, como a mobilidade e cidades inteligentes, aliados em grande parte com o setor energético. A disponibilização da energia gerada para o carregamento de modos de mobilidade elétrica vem servir de incentivo à própria instalação de postos de carregamento e estímulo à transição das comunidades para estes modos, colaborando para a sustentabilidade e redução de emissões associadas a este setor. Relativamente à segunda, a capacidade de geração de dados úteis a nível urbano, permite uma monitorização mais ativa da cidade e uma tomada de decisão mais reativa e informada sobre os resultados obtidos. Neste campo, além da monitorização energética, observa-se uma infinidade de opções que podem otimizar os serviços citadinos e contribuir indiretamente para este setor e para a descarbonização, tais como a medição da qualidade do ar e a monitorização do tráfego.

Apesar dos resultados e conclusões positivas alcançadas, a investigação apresenta algumas limitações. Por exemplo, o foco específico num ator da indústria RPEH, a Pavnext, impossibilitou a adição de outros atores relevantes identificados no estado-da-arte, que poderiam contribuir com diferentes dinâmicas e processos também aplicáveis para o desenvolvimento da indústria, bem como provisionar conhecimento exclusivo nas matérias estudadas a nível de funcionamento em outros países e culturas. O próprio processo de validação das entidades municipais encontra-se, todavia, incompleto, o que requer uma contínua aposta neste para corroborar as observações até ao momento tomadas pelas entrevistas. Ainda, a realização de uma análise de viabilidade financeira viria a complementar o estudo apresentado, na medida em que avaliaria a rendibilidade da empresa e potencial do projeto para os seus primeiros anos de atividade.

A presente investigação vem também abrir um número de oportunidades de estudo que poderão dar continuidade ao que este trabalho iniciou, nomeadamente, o estudo e validação de outros nichos de negócio identificados, para atestar a amplitude e longevidade do mercado existente para o *energy harvesting* aplicado a pavimentos. Seria também interessante estudar mais aprofundadamente as dinâmicas das PPPs como modalidade de negócio exequível para estas e outras tecnologias emergentes no geral, com especial ênfase nos parceiros privados envolventes e nas suas motivações para a participação neste tipo de contratos. Por último, seria também relevante elaborar um estudo que acompanhasse a realização de um piloto de uma tecnologia RPEH, com recolha dos resultados alcançados em termos de ATE e ACB, opinião pública, *feedback* do cliente, adversidades encontradas e métodos que as superaram.

De um modo geral, o relatório apresentado vem destacar e reforçar para futuros empreendedores a importância de adotar uma visão ampla, informada e estratégica relativa ao desenvolvimento de uma nova tecnologia, pois além do produto em si, existe uma máquina complexa de fatores envolventes que devem estar alinhados para o seu sucesso. Além disso, vem também denotar o poder crucial que entidades reguladoras e administrativas têm na impulsão da inovação, quer do ponto de vista de incentivo e posterior legitimidade, como de potenciais primeiros usuários destes empreendimentos. No futuro, com o crescente desenvolvimento e valor comprovado das tecnologias RPEH, abre-se novamente uma oportunidade de os governos agirem como um facilitador para a disseminação e utilização de soluções energéticas inovadoras, tal como aconteceu com as tecnologias solares fotovoltaicas (Dewald & Truffer, 2012), por forma a diminuir o risco e aumentar o valor económico dos sistemas RPEH. Somente então, esta indústria poderá maturar e provar a sua real contribuição quer no mercado, quer no alcance dos objetivos políticos europeus e globais para o paradigma energético.

6. Referências

AdE Porto. (2019, Outubro). *Iluminação Pública no Porto.* Dispositivos apresentados na conferência Investor Days, Porto.

Barba-Sánchez, V., Arias-Antúnez, E., & Orozco-Barbosa, L. (2019). Smart cities as a source for entrepreneurial opportunities: Evidence for Spain. *Technological Forecasting and Social Change, 148*, 119713.

Bcc Research. (2018). *Global Markets, Technologies and Devices for Energy Harvesting*. Obtido em 8 de Novembro de 2019, de https://www.bccresearch.com/market-research/energy-and-resources/globalmarkets-technologies-and-devices-for-energy-harvesting.html

Bento, N., & Fontes, M. (2015). The construction of a new technological innovation system in a follower country: Wind energy in Portugal. *Technological Forecasting and Social Change*, *99*, 197-210.

Bergek, A., Jacobsson, S., Carlsson, B., Lindmark, S., & Rickne, A. (2008). Analyzing the functional dynamics of technological innovation systems: A scheme of analysis. *Research policy, 37*(3), 407-429.

Bergek, A., Hekkert, M., & Jacobsson, S. (2008). Functions in innovation systems: A framework for analysing energy system dynamics and identifying goals for system-building activities by entrepreneurs and policy makers. In T. Foxon, J. Köhler, e C. Oughton (Eds.), *Innovation for a low carbon economy: economic, institutional and management approaches, 79-111*.

Bergek, A., Jacobsson, S., & Sandén, B. A. (2008). „Legitimation"and „development of positive externalities": two key processes in the formation phase of technological innovation systems. *Technology Analysis & Strategic Management, 20*(5), 575592.

Binz, C., Truffer, B., & Coenen, L. (2016). Path creation as a process of resource alignment and anchoring: Industry formation for on-site water recycling in Beijing. *Economic Geography, 92*(2), 172-200.

Blank, S. (2007). *The four steps to the epiphany: successful strategies for products that win*. Quad/Graphics.

Bohnsack, R., Pinkse, J., & Kolk, A. (2014). Business models for sustainable technologies: Exploring business model evolution in the case of electric vehicles. *Research Policy*, *43*(2), 284-300.

Carley, S. (2009). State renewable energy electricity policies: An empirical evaluation of effectiveness. *Energy Policy*, 37(8): 3071-3081.

Carvalho, L. (2015). Smart cities from scratch? A socio-technical perspective. *Cambridge Journal of Regions, Economy and Society, 8*(1), 43-60.

Cedrick, B. Z. E., & Long, P. W. (2017). Investment motivation in renewable energy: A PPP approach. *Energy Procedia*, *115*, 229-238.

CEIIA. (2016). *Porto Águeda e Cascais em destaque no Smart City Index*. Obtido em 22 de junho de 2020, de: https://www.ceiia.com/single-post/2017/03/17/Porto-%C3%81gueda-e-Cascais-em-destaque-no-Smart-City-Index

Chesbrough, H. (2010). Business model innovation: opportunities and barriers. *Long range planning*, *43*(2-3), 354-363.

Chourabi, H., Nam, T., Walker, S., Gil-Garcia, J. R., Mellouli, S., Nahon, K., ... & Scholl, H. J. (2012, January). Understanding smart cities: An integrative framework. In 2012 45th *Hawaii international conference on system sciences* (pp. 2289-2297). IEEE.

Collins, R. (2010). A graphical method for exploring the business environment. *Henley Business School. Version*, *8*.

Couture, T., & Gagnon, Y. (2010). An analysis of feed-in tariff remuneration models: Implications for renewable energy investment. *Energy policy*, *38*(2), 955-965.

Cooley, L. & Kohl, R. (2005). Scaling Up-From Vision to Large-scale Change. *Washington, DC: Management Systems International.*

CEMR, Council of European Municipalities and Regions. (2016). *Members map*. Obtido em 5 de Maio de 2020, de: https://www.ccre.org/en/pays/map

Davison, R., Martinsons, M. G., & Kock, N. (2004). Principles of canonical action research. Information systems journal, 14(1), 65-86.

Dewald, U., & Truffer, B. (2012). The local sources of market formation: explaining regional growth differentials in German photovoltaic markets. *European Planning Studies, 20*(3), 397-420.

Dijkman, R. M., Sprenkels, B., Peeters, T., & Janssen, A. (2015). Business models for the Internet of Things. *International Journal of Information Management*, *35*(6), 672-678.

Donário, A., & Santos, R. *Custo Económico e Social dos Acidentes de Viação em Portugal*. Lisboa: Ediual, 2012

Downes, L., & Nunes, P. (2013). Big bang disruption. *Harvard business review*, 44-56.

Duarte, F., & Ferreira, A. (2016). Energy harvesting on road pavements: state of the art. *Proceedings of the institution of civil engineers, 169*, 79-90.

Duarte, F., Ferreira, A., & Fael, P. (2017). A new electromechanical device to convert vehicles mechanical energy into electrical energy. In 2017 *International Renewable and Sustainable Energy Conference (IRSEC)* (pp. 1-7). IEEE.

Energy Floors. (2020). *About Energy Floors*. Obtido em 11 de Junho de 2020 de https://energy-floors.com/about-energy-floors/

European Commission. (s.d.b). *Benefits of Climate Action*. Obtido em 16 de Outubro de 2019, de https://ec.europa.eu/clima/citizens/benefits_en

European Commission. (2015a). Comunicação da Comissão ao Parlamento Europeu, ao Conselho, ao Comité Económico e Social Europeu e ao Comité das Regiões e ao Banco de Investimento Europeu: *Uma estratégia-quadro para uma União da Energia resiliente dotada de uma política em matéria de alterações climáticas viradas para o futuro.*

European Commission. (2015b). Comunicação da Comissão ao Parlamento Europeu, ao Comité Económico e Social Europeu e ao Comité das Regiões: *Estratégia para o Mercado Único Digital na Europa.*

European Commission. (2018). Comunicação da Comissão ao Parlamento Europeu, ao Conselho Europeu, ao Conselho, ao Comité Económico e Social Europeu e ao Comité das Regiões e ao Banco de Investimento Europeu: Um Planeta Limpo para Todos – *Estratégia a longo prazo da EU para uma economia próspera, moderna, competitiva e com impacto neutro no clima.*

Eurostat. (2019). *Sustainable development in the European Union Monitoring report on progress towards the SDGs in an EU contex*. Obtido em 16 de Outubro de 2019, de https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-statistical-books/-/KS-02-19-165

Eurostat. (2020). *Eurostat: Electricity price statistics: first half 2019*. Obtido em 14 de janeiro de 2020, de https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Electricity_price_statistics

Forum das Cidades. (2016). Rede Portuguesa de Cidades Inteligentes. Obtido em 22 de junho de 2020, de:http://www.forumdascidades.pt/content/rede-portuguesa-de-cidades-inteligentes

Gholikhani, M., Nasouri, R., Tahami, S. A., Legette, S., Dessouky, S., & Montoya, A. (2019). Harvesting kinetic energy from roadway pavement through an electromagnetic speed bump. *Applied Energy, 250*, 503-511.

Global Market Insights. (2018). Solar Street Lighting Market: forecast 2018-2024. Obtido em 8 de Novembro de 2019, de https://www.gminsights.com/industry-analysis/solar-street-lighting-market

Global Market Insights. (2019). Smart Lighting Market Worth Over USD 23 Bn by 2025: Global Market Insights, Inc. Obtido em 8 de Novembro de 2019, de prnewswire.com: https://www.prnewswire.com/news-releases/smart-lighting-market-worth-over-usd-23-bn-by-2025-global-market-insights-inc-300906678.html

Harb, A. (2011). Energy harvesting: State-of-the-art. *Renewable Energy, 36*(10), 26412654.

Hekkert, M. P., Suurs, R. A., Negro, S. O., Kuhlmann, S., & Smits, R. E. (2007). Functions of innovation systems: A new approach for analysing technological change. *Technological forecasting and social change, 74*(4), 413-432.

IRENA. (2019a). *Innovation landscape for a renewable-powered future: Solutions to integrate variable renewables*. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency.

IRENA (2019b), Renewable Power Generation Costs in 2018, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.

IPCC, 2018: Summary for Policymakers. In: Global warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland, 32 pp.

IEA, International Energy Agency. (2017). *Digitalization and Energy 2017*. Obtido em 16 de Outubro de 2019, de https://www.iea.org/digital/

Johnson, M. W., & Suskewicz, J. (2009). How to jump-start the clean economy. *Harvard business review*, *87*(11).

Kotler, P., & Keller, K. (2011). *Marketing management 14th edition*. Prentice Hall.

Kole, P. J., Löhr, A. J., Van Belleghem, F. G., & Ragas, A. M. (2017). Wear and tear of tyres: a stealthy source of microplastics in the environment. International journal of environmental research and public health, 14(10), 1265.

KPMG (2015). Taxes and incentives for renewable energy. KPMG International Cooperative, Amstelveen, Netherlands.

Lam, P. T., & Yang, W. (2020). Factors influencing the consideration of Public-Private Partnerships (PPP) for smart city projects: Evidence from Hong Kong. *Cities*, *99*, 102606.

Laumann, F., Sørensen, M. M., Lindemann, R. F. J., Hansen, T. M., & Tambo, T. (2017). Energy harvesting through piezoelectricity-technology foresight. *Energy Procedia, 142*, 3062-3068

Medium. (2019). *100 Questions you can ask in Customer Development Interviews*. Obtido a 15 de janeiro de 2019 de https://medium.com/wrkshp/100-questions-you-can-ask-in-customer-development-interviews-72945ad576f1

Osterwalder, A., Pigneur, Y., Bernarda, G., & Smith, A. (2014). *Value proposition design: How to create products and services customers want*. John Wiley & Sons.

Osterwalder, A., Pigneur, Y., & Tucci, C. L. (2005). Clarifying business models: Origins, present, and future of the concept. *Communications of the association for Information Systems*, *16*(1), 1.

Papadimitriou, C. N., Psomopoulos, C. S., & Kehagia, F. (2019). A review on the latest trend of Solar Pavements in Urban Environment. *Energy Procedia, 157*, 945952.

Parag, Y., & Ainspan, M. (2019). Sustainable microgrids: Economic, environmental and social costs and benefits of microgrid deployment. *Energy for Sustainable Development*, *52*, 72-81.

Pavegen. (2020). *Pavegen*. Obtido em 11 de Junho de 2020 de https://pavegen.com/

Praharaj, S., & Han, H. (2019). Cutting through the clutter of smart city definitions: A reading into the smart city perceptions in India. *City, Culture and Society, 18*, 100289.

Pavnext. (2019). *Pavnext*. Obtido em 29 de Novembro de 2019, de https://www.pavnext.com/?lang=pt-pt

Persistance Market Research. (2019). *Global smart cities market to reach a whopping $3.5 trillion by 2026*. Obtido em 11 de Novembro de 2019, de smartcitiesassociation.org: https://www.smartcitiesassociation.org/index.php/media-corner/news/1-global-smart-cities-market-to-reach-a-whopping-3-5-trillion-by-2026

Portaria nº 42/2020 de 14 de fevereiro. *Diário da República nº. 32/2020*. Lisboa: Ministério das Finanças.

Porter, M. E. (1989). How competitive forces shape strategy. In *Readings in strategic management* (pp. 133-143). Palgrave, London.

Probst, L., Pedersen, B., & Dakkak-Arnowx, L. (2017). *Digital Transformation Monitor 2017*. s.l.: European Commission.

Ren, H., Wu, Q., Zhu, Q., & Gao, W. (2019). Cost–benefit analysis of distributed energy systems considering multi-benefits and multi-stakeholders. *Energy*, 189, 116382.

Schwab, K. (2017). *The fourth industrial revolution*. Currency.

Silva & Santos. (s.d.). Medidas de Acalmia de Tráfego - Volume 1: Medidas Individuais Aplicadas em Atravessamentos de Localidades. *Instituto de Infra-Estruturas Rodoviárias IP*.

Solar Europe. (2019). *Global Market Outlook for Solar Power / 2019-2023*. Suécia: Onehemisphere

Susman, G. I., & Evered, R. D. (1978). An assessment of the scientific merits of action research. *Administrative science quarterly*, 582-603.

Teece, D. J. (2010). Business models, business strategy and innovation. *Long range planning*, *43*(2-3), 172-194.

Towards an Age Friendly Europe. (2016). *Social, Economic and Environmental Impact Tool (SEE-IT).* Obtido em 5 de Maio de 2020 de: https://www.agefriendlyeurope.org/content/social-economic-and-environmental-impact-tool-see-it

Truffer, B., Binz, C., Gebauer, H., & Störmer, E. (2013). Market success of on-site treatment: a systemic innovation problem. In L. Tove, K. Udert, e J Lienert (Eds.), *Wastewater Treatment: Source Separation and Decentralization*, 209-223.

Underground Power. (2016). *Home of LYBRA: The smart speed absorber that turns traffic into energy*. Obtido em 11 de Junho de 2020 de http://www.upgen.it/en/

United Nations. (2015). *Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development*. Obtido em 16 de Outubro de 2019, de https://sustainabledevelopment.un.org/post2015/transformingourworld

United Nations (Framework Convention on Climate Change). (2019). *The Paris Agreement*. Obtido em 16 de Outubro de 2019, de https://unfccc.int/process-andmeetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement

United Nations (Framework Convention on Climate Change). (2020). *What is the Kyoto Protocol?* Obtido em 11 de Junho de 2020, de https://unfccc.int/kyoto_protocol

Uvin, P. (1995). Fighting hunger at the grassroots: Paths to scaling up. *World Development, 23*(6), 927-939.

van Winden, W., & Carvalho, L. (2019). Intermediation in public procurement of innovation: How Amsterdam's startup-in-residence programme connects startups to urban challenges. Research Policy, 48(9), 103789.

van Winden, W., & van den Buuse, D. (2017). Smart city pilot projects: Exploring the dimensions and conditions of scaling up. *Journal of Urban Technology, 24*(4), 51-72.

Vieira, V. V. & Silva, S. C. (2018). *The Business Case Riadmap – BCR: from the idea to the business case*. Coimbra, Portugal: Actual Editora.

Vieira, V. V. & Silva, S. C. (2019). *The Business Case Riadmap – BCR. How to implement the business case: the execution challenge*. Coimbra, Portugal: Actual Editora.

Wattway. (2020). *Wattway by Colas*. Obtido em 11 de Junho de 2020 de https://www.wattwaybycolas.com/en/homepage.html

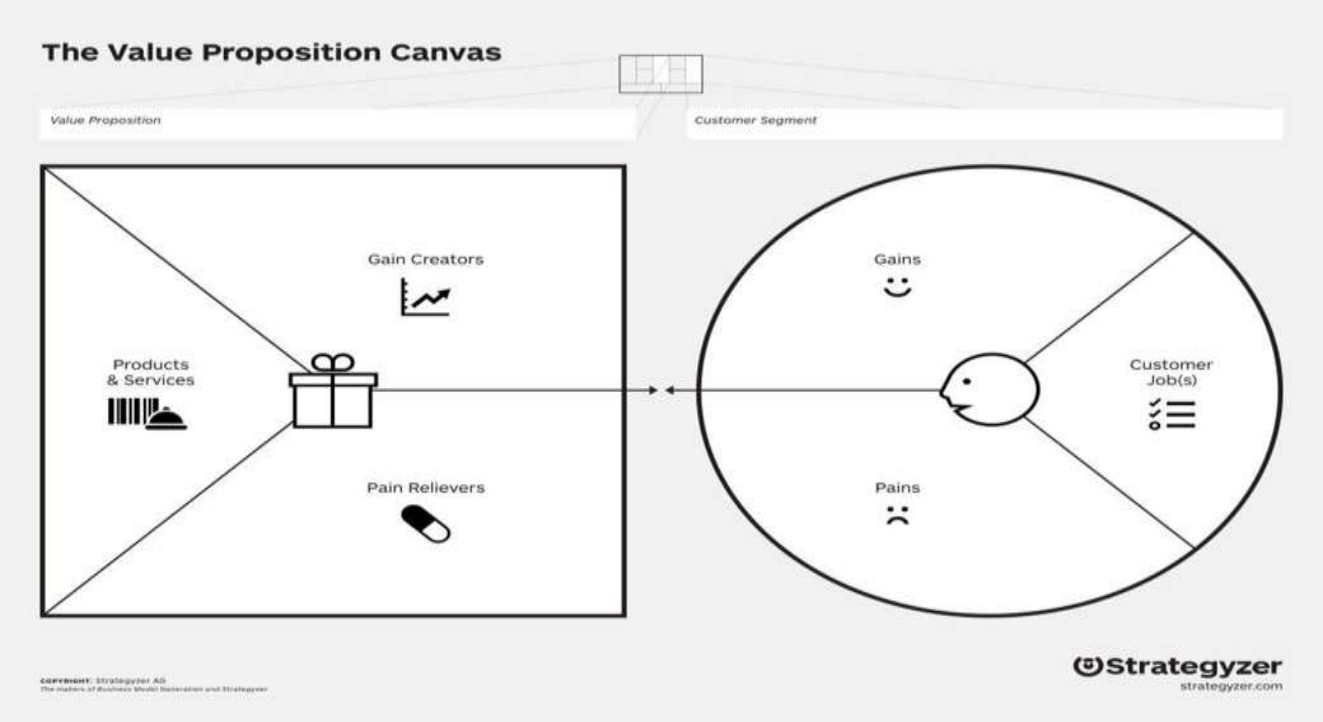
WHO, World Health Organization. (2018a). *Climate change and health*. Obtido em 16 de Outubro de 2019, de https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/climate-change-and-health

WHO, World Health Organization. (2018b). *Global Status Report on Road Safety 2018*. Geneva: World Health Organization. Licence: CC BYNC-SA 3.0 IGO.

Wind Europe. (2019). Wind Europe: Economics. Accessed in January 2020, from https://windeurope.org/policy/topics/economics/

7. Anexos

Anexo nº1: *Value Proposition Canvas*



Anexo nº2: Questões realizadas no processo de *Discovery* do Cliente e Perfil dos Respondentes:

Temáticas:

Segurança Rodoviária:

- Está expresso nos vossos relatórios de gestão e de sustentabilidade que um dos principais problemas que enfrentam é o da sinistralidade rodoviária, que embora tenha vindo a diminuir, continua a ser uma constante agravante da condição de vida dos cidadãos. Nesse sentido, que tipo de soluções e quais têm utilizado para combater esta problemática ? Quais os custos das mesmas ? (Custo das passadeiras elevadas/radares?) Estão satisfeitos com os resultados que estas têm apresentado ? São eficazes, em que medida (validar números)? Quais os contributos? Possuem queixas e/ou aspetos a melhorar por parte das soluções atuais que utilizam?

- Têm ideia do número de acidentes e feridos/vítimas mortais anuais que ocorrem no município? A respeito do seu impacto económico, quais os custos associados aos acidentes rodoviários?

Descarbonização:

- Um dos principais temas da sociedade atualmente está relacionado com o estado do planeta, sendo

que a problemática das alterações climáticas tem vindo a ser um tema recorrente de debate e de ação por parte de várias entidades a nível mundial. Consideram que desempenham um papel importante na descarbonização como apoio no combate às alterações climáticas? Quais as medidas que têm implementado neste sentido ? Em que áreas de atuação têm focado a sua ação neste domínio?

- Atribuem alguma valorização económica ao CO2 evitado, e nesse caso como medem a sua redução?

Mobilidade Sustentável:

- Um dos grandes domínios debatidos no Paradigma das alterações climáticas é a Mobilidade Sustentável, mais concretamente a mobilidade elétrica sustentável. Que medidas tem tomado neste sentido? Qual o papel que desempenham na área da mobilidade elétrica sustentável? Atuam mais como um promotor ou apenas como intermediário (enabler/facilitador) para adoção de soluções nesse âmbito? Se sim, que medidas têm implementado neste âmbito?

- Considera que a geração e análise de dados de tráfego possa ser benéfica para o vosso departamento de mobilidade? Porquê? Já implementou alguma solução neste âmbito? Se sim, que dados mede/ Se não, porquê?

Eficiência energética:

- A transição energética constitui também uma importante ação no domínio do combate às alterações climáticas. Consideram o aumento de eficiência uma prioridade de ação nas vossas metas organizacionais ? Em que aspetos ? Já foram implementadas ações nesse sentido?

- Possuem algum tipo de sistema de iluminação dinâmico/ativo nas vossas vias ? Se sim, qual tem sido a sua eficácia / Se não, porquê?

- O domínio energético na vossa entidade está a cargo de que empresa, ou seja, quem são os vossos fornecedores de energia?

- De acordo com o atual sistema energético operado na cidade e as regulações impostas, é-vos permitida a compra de equipamentos de produção de energia para uso próprio? E para venda de energia à rede elétrica?

- Acha que a análise de dados relativos aos consumos energéticos poderia proporcionar valor acrescentado à vossa organização e permitir uma vantagem no alcance do objetivo de eficiência energética? De que forma?

Smart Cities:

- Que tipo de informação análitica (dados- Big Data) monitorizam atualmente? Como o fazem e para que fim o fazem? Como avaliam o atual sistema de gestão e monitorização de dados do Município? Quais as fraquezas identificadas , e o que pode ser melhorado? Há algum tipo de dados que deveria ser acrescentado ao sistema atual?

- Possuem algum orçamento definido para a obtenção desta informação analítica -Big Data?

Contratação Pública e questões financeiras:

- Alguma vez estabeleceram uma parceria com uma grande empresa tecnológica? /E com uma startup?

- Alguma vez realizaram alguma Parceria Pública-Privada (PPP) (em que áreas)? Quais são os critérios que aplicaram à formação dessas parcerias?

- Do ponto de vista do investimento financeiro, aquando da realização de um projeto/solução tecnológica é importante a componente de retorno económico, ou seja, o lucro?

- Aquando da celebração de um contrato público/parceria possuem algum tipo de preferência face ao modelo de negócio a acordar , mais concretamente face às modalidades e condições de pagamento? Qual durabilidade preferencial de um contrato público? Costumam realizar contratos duradouros, para além do normal, os 3 anos? Em que contextos?

Município	**Posição do Respondente(s) na Instituição**	**Data da Entrevista**
Matosinhos	Adjunto do Vereador do departamento de Mobilidade	23 de janeiro
Esposende	Vice-Presidente e Vereador do departamento de Gestão e Manutenção de Infraestruturas, Energia e Ambiente Vereador do departamento dos Transportes	10 de fevereiro
Maia	Chefe de Divisão de Planeamento Territorial e Projetos Chefe de Divisão Energia e Mobilidade Engenheiro Divisão Energia e Mobilidade	11 de fevereiro
Valongo	Vereador do departamento de Mobilidade Adjunto do Presidente nos departamentos de Ambiente e Inovação Técnico na Divisão de Obras Municipais	12 de fevereiro
Braga	Vereador do departamento de Mobilidade Vereador dos departamentos de Energia, Alterações Climáticas e Ambiente Chefe de Divisão Mobilidade e Trânsito Arquiteto departamento de Mobilidade	13 de fevereiro
Santo Tirso	Vereador departamentos de Mobilidade e Gestão da Via Pública, Contratação Pública departamento de Aquisição de Bens e Serviços	18 de fevereiro
Lisboa	Adjunto do Vereador departamento de Mobilidade; Responsáveis e arquitetos de vários setores: obras, projetos, *smart cities*	4 de fevereiro

Anexo nº3: Equações utilizadas de Duarte (2017)

$$CF = \frac{TE_{Ge}}{\left(\frac{TIP \times 24 \times 365 \times YRS}{1000}\right)} \quad (4)$$

$$CAPEX = NMI \times (PPM + ICPM) + EEP + OCI \quad (5)$$

$$YMP_y = YMP_{(Y-1)} \times INF \quad (6)$$

$$OPEX_y = NMI \times YMP_y \quad (7)$$

$$TINV = CAPEX + \left(\sum_{y=2}^{YRS} OPEX_y\right) \quad (8)$$

$$PPW = \frac{CAPEX}{TIP} \quad (9)$$

$$LCOE = \frac{TINV}{TE_{Ge}} \quad (10)$$

$$SCYCE = \frac{SCIP \times SCAH \times 365}{1000} \quad (11)$$

$$SCPCE = SCYCE \times YRS \quad (12)$$

$$SCPC = \frac{TE_{Ge}}{SCPCE} \times 100 \quad (13)$$

$$\begin{cases} y = 1: & CFLO_1 = -CAPEX + SCAS_1 \\ y > 1: & CFLO_y = CFLO_{(y-1)} + SCAS_y - OPEX_y \end{cases} \quad (14)$$

$$\begin{cases} y = 1: CFLOU_1 = CFLO_1 \\ y > 1: CFLO_y = \dfrac{CFLO_y}{\left(1 + \frac{INF}{100}\right)^y} \end{cases} \quad (15)$$

$$ROI = \frac{TINV}{\left(\frac{\sum_{y=1}^{YRS} SCAS_y}{YRS}\right)} \quad (16)$$

$$VAL = \sum_{y=1}^{YRS} CFLOU_y \quad (17)$$

$$TIR \Leftrightarrow VAL = \sum_{y=1}^{YRS} \frac{CFLO_y}{(1+TIR)^y} \quad (18)$$

Anexo nº4: Valores iniciais utilizados para ATE e ACB

	Nome da Variável	Valor	Unidade
Dados de Tráfego	Média anual de tráfego diário (AADT)	20,000	(veículos/dia)
	Número de faixas (NL)	2	-
	Velocidade média (TAS)	50	(km/h)
	Distribuição do tráfego por tipo de veículo (TD1-4)	23 | 50 | 25 | 2	(%)
	Energia libertada por tipo de veículo a uma velocidade 50 km/h (ERV1-4)	400 | 522 | 800 | 1,222	(J)
	Vida útil: nº de anos	10	(anos)
	Evolução do tráfego anual (ATE)	2	(%)
Dados Técnicos do sistema RPEH	Número de metros instalados (NMI)	20	(m)
	Largura do módulo (EHW)	0,4	(m)
	Potencia por módulo (IPM)	800	(W)
	Eficiência de conversão (η)	60	(%)
Dados Económicos do sistema RPEH	Preço por módulo (PPM)	500	(eur)
	Preço de instalação por módulo (ICPM)	100	(eur)
	Preço do equipamento extra (EEP)	1000	(eur)
	Outros custos envolvidos (OCI)	500	(eur)
	Preço anual de manutenção por módulo (YMP)	50	(eur)
	Inflação anual (INF)	2	(%)
Aplicação Energética: Autoconsumo	Preço Energia (SCEP)	0,216	(eur/kWh)
	Evolução do preço	2	(%)

Anexo nº5: Questões realizadas no processo de *Validation* do Cliente e Perfil dos Respondentes

Temáticas:

Validação do Produto/Equipamento:

- Quão atrativa é a nossa proposta de valor para a vossa entidade? Quais as características chave que despertaram mais interesse à Vossa entidade?

- Que entraves Vos podem impedir de implementar esta tecnologia no vosso Município?

- Quais os critérios de sucesso/insucesso que poderiam considerar aquando da implementação de um projeto piloto como este?

- Em respeito à componente de obtenção dos dados providenciados pelo pavimento: preferem o seu acesso sob formato digital, ou seja, através de relatórios com a informação tratada e detalhados; ou através de uma plataforma própria para o efeito, no qual a informação seria obtida em tempo real. E neste sentido, qual a periodicidade de obtenção destes relatórios?

Validação do Modelo de negócio 1:

- Qual a disponibilidade do Município para realizar contratos de prestação de serviços com renovação até 10 anos?

- Qual das duas opções seria preferível: o pagamento de um montante inicial mais elevado seguido de um custo de manutenção mais baixo; ou o pagamento de um montante inicial mais baixo, associado a um custo de manutenção mais elevado?

- Relativamente aos contratos de prestação de serviços, normalmente pagam ao mês ou ao ano?

- Perante a solução apresentada, veem a possibilidade de enquadrá-la num processo de compra por empreitada, mais precisamente associada a um processo de reabilitação de vias, através da contratação de uma empresa construtora (ex.: Mota Engil, ACA) para a instalação do pavimento?

- Veem vantagem na realização deste tipo de contrato por meio de empresas maiores, ou seja, com maior relevância no mercado, face à contratação com a Pavnext?

- Qual a vossa opinião perante um modelo no qual apenas realizassem um pagamento único relativo à totalidade do investimento pelo equipamento (60.000€), e no qual apenas teriam de pagar, caso demonstrado interesse, o acesso à informação gerada pelos dados?

Validação do Modelo 2:

- Estariam dispostos a embarcar num modelo de parceria público-privada (PPP) se este se mostrasse seguro, ou seja, no qual a Pavnext se comprometia a angariar os parceiros?

- Inversamente, de forma hipotética, caso a Pavnext não angariasse os parceiros necessários à realização do modelo, quais seriam as vossas facilidades/dificuldades em angariá-los? De imediato,

ocorre-vos alguma empresa que à partida estivesse disposta a participar?

- Possuem alguma objeção/vantagem face ao modelo de PPP apresentado?

- Contudo, este modelo possui uma particularidade, no sentido em que a seleção de um parceiro ator no setor energético constituiria o seu direito de exploração da energia gerada pelo pavimento, o retirando essa propriedade ao Município. Verificam esta situação como uma desvantagem, no sentido em que consideram a detenção da energia gerada como uma prioridade?

Por fim, a última pergunta que lhes queríamos colocar é a seguinte:

☆ **Quantos equipamentos pensam adquirir por ano? E sob que modelos de contratação?**

Uma pergunta importante para percebermos, e possivelmente quantificarmos a procura desta tecnologia por parte dos Municípios, o nosso principal segmento de clientes. Ou seja, se não for possível responder à partida, o que é compreensível, com esta pergunta pretendemos perceber qual a lógica de implementação de equipamentos/medidas de segurança rodoviária? Quais os critérios de implementação? Com que frequência o fazem?

Município	**Posição do Respondente(s) na Instituição**	**Data da Entrevista**
Esposende	Vice-Presidente e Vereador departamento de Gestão e Manutenção de Infraestruturas, Energia e Ambiente Vereador departamento de Transportes	5 de março
Valência	Delegado do Departamento de Emergência Climática e Energia Assessor do Departamento de Emergência Climática e Energia	9 de abril
Maia	Chefe de Divisão de Planeamento Territorial e Projetos Chefe de Divisão Energia e Mobilidade Engenheiro Divisão Energia e Mobilidade Engenharia Departamento Mobilidade Técnica Departamento Contratação Pública	21 de abril
Haia	Técnicos na área de Inovação e Mobilidade Inteligente	4 de junho
Gondomar	Técnicos no Pelouro de Mobilidade	9 de junho
Madrid	Diretor Geral de Planeamento de Infraestruturas de Mobilidade	15 de junho
Matosinhos	Adjunto do Vereador na área de Mobilidade	16 de junho

Anexo nº6: Análise PESTEL

P	**Fatores Políticos**	. Objetivos do Desenvolvimento Sustentável das Nações Unidas . Acordo de Paris; . Política Climática europeia ambiciosa – Agendas 2020, 2030 e 2050 da EU; . Plano Nacional Português de Energia e Clima; . *European Innovation Partnership on Smart Cities* (EIP-SCC); . *Strategic Energy Technology Plan* (SET-Plan); . Estratégia Política para um Mercado Único Digital; . Diretivas Europeias destinadas à ação climática: - Diretiva (UE) 2018/2001, de 11 de dezembro de 2018 relativa à promoção da utilização de energia de fontes renováveis; - Diretiva (UE) 2018/2002, de 11 de dezembro de 2018, relativa à eficiência energética; - Diretiva 2009/125/CE, de 21 de outubro de 2009, relativa à criação de um quadro para definir os requisitos de conceção ecológica dos produtos relacionados com o consumo de energia; . Comissão von der Leyen: *Green Deal* – Pacto Ecológico Europeu.
E	**Fatores Económicos**	. Crescimento moderado do PIB europeu, abaixo de outras forças económicas como a China e Estados Unidos; . Crescimento da economia verde na UE; . Dependência energética da UE: 55% em 2017; Todos os Estados-Membros foram importadores; . Portugal é o quarto país da UE com maior dependência energética, manifestando cerca de 79% de importação energética em 2017; . Portugal é o sexto país com eletricidade mais cara; . Expansão da Economia Digital – benefícios económicos; . Crescimento do mercado das energias renováveis: avaliado em $928 mil milhões em 2017, com uma taxa anual de crescimento de 6,1% (2018-2025); . Crescimento do mercado das *smart cities*: avaliado em $622 mil milhões em 2016, com uma taxa de crescimento de 18,8% (2017-2026); . Crescimento do mercado *energy harvesting:* avaliado em $1,7 mil milhões em 2018, com uma taxa anual de crescimento de 20,2% (2019-2023); . Crescimento e expansão do mercado da iluminação com novos segmentos: - Mercado LED: avaliado em $19,751 mil milhões em 2014 e possui uma estimativa de alcançar o valor de $45,548 mil milhões em 2022; - Iluminação Inteligente: avaliado em $7,5 mil milhões em 2018, com uma taxa de crescimento anual de 15% (2019-2025); - Iluminação Solar: avaliado em $3 mil milhões em 2017, com uma taxa de crescimento anual de 11% (2018-2023); . *Horizon Europe* – maior instrumento financeiro da Comissão Europeia ligado à investigação e inovação; . Fundo Ambiental e Horizonte 2020 – maiores instrumentos financeiros em Portugal na promoção da inovação e desenvolvimento no âmbito da descarbonização e transição energética
S	**Fatores Sociais**	. Cerca de três-quartos da população da UE reside em áreas urbanas, com prospeção a aumentar para 80% em 2050;

		. Papel essencial da sociedade no desenvolvimento, implementação e escala de projetos inovadores, como uma componente integrante e necessária para o desenvolvimento económico e o sucessivo processo de globalização. . Emergência do conceito "Sociedade Digital"; . Mortes associadas ao fenómeno do Aquecimento Global – estima-se que entre 2030-2050, seja a causa de aproximadamente 250 mil mortes mundialmente; . Emergência do conceito "Comunidades de Energia Renovável";
T	**Fatores Tecnológicos**	. Avanço das energias renováveis: aumento da quota de produção energética sustentável – contribuição para a sustentabilidade de setores; . Queda nos custos das tecnologias renováveis; . Promoção à produção descentralizada (microgeração) de energia – essencialmente eólica e solar; . Desenvolvimento das tecnologias *energy harvesting;* . A Transformação Digital na melhoria das infraestruturas existentes; . Globalização digital: Desenvolvimento e progresso das TIC; . Transição digital como suporte para a eficiência energética; . Emergência do conceito "*smart"*; . Desenvolvimento das *smart grids;* . O novo domínio *IoT* – tecnologias digitais como fonte de informação; . Cibercrime como a maior ameaça à transição digital; . Desenvolvimento de tecnologias de armazenamento de energia como medida de modernizar o atual sistema energético.
E	**Fatores Ecológicos (Ambientais)**	. Emergência climática e ambiental – temperatura global em 2017 atingiu 1ºC superior às temperaturas observadas na época pré-industrial; . Pegada de carbono da EU estimada em 7,2 toneladas de CO_2 por indivíduo (2017); . Em 2017, a UE emitiu cerca de 4,48 mil milhões de toneladas de CO_2 equivalente, descida de 13,2% comparado com os níveis em 2000; . Em 2017, a UE emitiu cerca de 3,67 mil milhões de toneladas de CO_2, redução de 14,5% comparativamente com os níveis de 2000; . Setores que mais contribuíram para a redução das emissões foram o da Energia (35,0%) e o do Transporte (28,1%); . Impulsionamento à Descarbonização – metas políticas impostas nas Agendas Climáticas
L	**Fatores Legais**	. Regulamento do Parlamento Europeu e do Conselho, que estabelece o quadro para alcançar a neutralidade climática e que altera o Regulamento (UE) 2018/1999 (Lei Europeia do Clima); . Regulamento relativo à Governação da União Energética (dezembro de 2028) – impõem obrigação aos estados-membros da UE a formular planos nacionais integrados de energia e clima (PNECS); . Tratado sobre o Funcionamento da União Europeia (TFUE) - Artigo 194º referente ao setor energético, apela a um funcionamento de mercado interno interconectado, seguro, eficiente, e que respeite ao mesmo tempo exigência de preservação do ambiente . Decreto-Lei nº 172/2006, que se aplica ao exercício das atividades do mercado elétrico nacional; . Decreto-Lei nº 96/2017 estabelece o regime das instalações elétricas particulares, quer alimentadas pela rede elétrica ao serviço público, quer instalações com produção própria; . Decreto-Lei nº 42-A/2016 que estabelece o Fundo Ambiental para Portugal, cuja finalidade e objetivos assentam em apoiar políticas ambientais para a prossecução dos objetivos do desenvolvimento

		sustentável, assim como contribuir para a o cumprimento das metas nacionais e internacionais; . Regulamento nº 330/2009, relativo ao Sistema Nacional de compras públicas, que considera como prioritárias as compras ecológicas segundo a categoria de equipamentos e serviços de transporte, e de energia, que respeitem critérios de eficiência energética. . *International Standard Organization*: elaboração de padronização internacional associada a atividades de *smart cities*, entre as quais a Norma de Sistemas de Gestão Energética (ISO 50001).

Evidências utilizadas para elaboração da Análise PESTEL foram de caráter informativo primário (relatórios técnicos, legislação, bases de dados) e secundário (imprensa, , *websites* de organizações e empresas).

Anexo nº 7: Análise Qualitativa da Concorrência

Empresa	Pavnext	Underground Power	KinergyPower	Energy Intelligence	Solmove	Solaroad	Solar Roadways	Colas Group	Pavegen	Energy Floors
País	Portugal	Itália	Canadá	EUA	Alemanha	Holanda	EUA	França	Reino Unido	Holanda
Tecnologia	Eletromecânica	Mecânica e Cinética	Hidráulica	Hidráulica	Solar PV	Solar PV	Solar PV	Solar PV	Eletromecânica	Solar e Eletromecânica
TRL	6	6	5-6	-	7	7	6	6	9	8-9
Estado	Ativo	Ativo	Ativo	Inativo	Ativo	Ativo	Ativo	Ativo	Ativo	Ativo
Capacidade Instalada	2000 W/m^2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	35 W/ azulejo
Eficiência de conversão	60%	N/A	N/A	N/A	N/A	75% PV regular; ≈13%	SR3 17,6%, SR4 22,5%	N/A	N/A	2/3 PV regular[9]; ≈11%
Geração Eletricidade	684 J/veículo/m	1KWh/100 carros; 100 000 kWh/15m/ano	51 kWh/10 000 veículos/150m	250W-2kW	100 W/m^2; 100 kWh/m^2/ ano	50% de 790kWh/dia; 90 kWh/m^2/ano (objetivo)	SR3 44W/painel, SR4 50W/painel	Previsão: 790kwh /dia	2-4 J/passo 5 W/passo	105 Wp/m^2; 20 Wp/azulejo
Armazenamento de Energia	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Não	Não	Não	Sim	Não
Monitorização de Dados	Sim	Não	Não	Sim	Não	Não	Não	Não	Sim (qualidade do ar)	Sim (movimentação)
Sistema Inteligente	Sim	Não	Não	Sim	Não	Não	Sim (avisos, reconfiguração); deteção de presença	Não	Sim (recompensas)	Sim
Aplicação Urbana	Rede, Iluminação, E-Mobility	Iluminação, E-Mobility	Rede, uso local (off-grid)	Iluminação	Rede, Iluminação, E-Mobility	Iluminação, E-Mobility, Wi-fi spot, Residências	Mobilidade-E, configuração de Vias rodoviárias e parques	Iluminação, E-Mobility, câmaras de monitorização de tráfego, paragens de autocarro	Iluminação, geração de dados (app móvel)	Rede

[9] Os painéis fotovoltaicos, quando aplicados em telhados (locais com aior exposição solar), possuem uma maior eficiência energética que os solares (cerca de 17%), de modo que os valores de eficiência rondam os valores 17-20%, dependendo do tipo de célula fotovoltaica (Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems, ISE, with support of PSE GmbH, 2019).

Anexo nº8: Comparação Qualitativa da Concorrência Indireta

Empresa	Omniflow	Energia Lateral	Onix Solar Energy	Solar Window Technologies	Signify	Urban Solar	Fotovolt	Sunna Design
Tecnologia	Microgeração eólica/solar	Microgeração eólica/solar	Vidros fotovoltaicos	Janelas geradoras de energia solar	Sistemas Inteligentes/ Solares de Iluminação	Sistemas solares inteligentes aplicados a Iluminação		
Descrição	OMNILED - Plataforma energética inteligente abastecida por energia eólica e solar própria, com armazenamento. Consiste num poste (8 m) que reaproveita a energia renovável gerada para um número e aplicações.	Micro-turbinas eólicas, desenhadas de modo a integrar-se facilmente no meio Urbano e produzir mínimo ruído. Desenvolvimento de soluções solares fotovoltaicas.	Vidro fotovoltaico capaz de gerar energia sem comprometer a luz natural e aestética do edificio, ao mesmo tempo que filtra as radiações UV.	Revestimento líquido orgânico (principalmente carbono e hidrogenio), que aplicado a vidro produz várias células solares, que permitem gerar energia, sem necessidade de luz solar direta.	Sistemas integrados inteligentes (c/ fonte solar ou não) que promovem a eficiência na IP, baseada em tecnologia LED	Sistemas integrados que promovem a eficiência na IP que inclui: lampadas LED com sistema de controlo inteligente e armazenamento. Posibilidade de sensorização e controlo wireless.	Sistemas integrados que promovem a eficiência na IP que inclui: lampadas LED com sistema de controlo inteligente e armazenamento. Possibilidade de colocar sensores de presença nos equipamentos.	Sistemas integrados que promovem a eficiência na IP que inclui: lampadas LED com sistema de controlo inteligente e armazenamento. Aplicação móvel que configura e gere o sistema – a SunnApp.
Características	Capacidade Instalada : Eólica – 100 W (11m/s) Solar – 60 Wp (possibilidade +60)	Capacidade Instalada: Skystream – 2,4 kW AirBreeze - 160 W 12.5 m/s	Capacidade Instalada (módulo): *Three-ply thin film*- 74 Wp *Double laminated Crystallyne glass*- 147 Wp	Projetado para superar 50 vezes a energia solar no telhado. (34% eficiência)	Sist. Inteligente : Luminarias : 30-217W Sist Solar : Luminárias : 17-115 W	Opções solares: Luminárias- 30-120W paragens de autocarro-5-10W	Opções solares: Luminárias: 20-100W	Opções solares: Luminárias: 10-80W
Aplicação Urbana	Iluminação inteligente, videovigilância, telecomunicações, wi-fi spots, carregamento de bicicletas elétricas, IoT, injecção na rede	Geração de energia para uso empresarial ou doméstico.	Geração de energia em edifícios.	Geração de energia em edifícios.	Iluminação Pública, segurança, setor comercial/empresarial/ residencial/ industrial	Iluminação Pública, publicidade, segurança	Iluminação Pública, publicidade, segurança	Iluminação Pública, publicidade, segurança

Evidências utilizadas para elaboração da Análise de Concorrência foram de caráter informativo essencialmente secundário, a partir dos *websites* das empresas investigadas.

Anexo nº9: Análise Quantitativa da Concorrência

		Pavegen	Energy Floors	Solmove	SolaRoad	Solar Roadways	Colas Group	Underground Power	Kinergy Power	Innowattech	Energy Intelligence	Omniflow	Fotovolt	Pavnext
ID	**Características**	**PROD 1**	**PROD 2**	**PROD 3**	**PROD 4**	**PROD 5**	**PROD 6**	**PROD 7**	**PROD 8**	**PROD 9**	**PROD 10**	**PROD 11**	**PROD12**	**PAVNEXT**
1	Geração de energia elétrica renovável	1	2	2	2	2	2	5	3	5	3	2	2	5
2	Geração de energia elétrica renovável independente condições climatéricas	5	0	0	0	0	0	5	5	5	5	0	0	5
3	Geração energia elétrica renovável através de energia cinética de veículos	2,5	0	0	0	0	0	5	5	5	5	0	0	5
4	Armazenamento de energia gerada	5	0	0	0	0	0	5	5	5	5	5	5	5
5	Aplicação da energia para a iluminação pública e injeção na rede	5	2,5	5	5	2,5	2,5	2,5	2,5	5	2,5	5	5	5
6	Aplicação da energia para mobilidade elétrica	0	0	5	5	5	5	5	5	0	0	5	0	5
7	Geração e Monitorização de dados energéticos (consumo/eficiência)	2,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	5
8	Sistema inteligente	5	5	0	0	5	0	0	0	0	5	5	5	5
TOTAL		**26**	**9,5**	**12**	**12**	**14,5**	**9,5**	**27,5**	**25,5**	**25**	**25,5**	**27**	**17**	**40**
		65%	24%	30%	30%	36%	24%	69%	64%	63%	64%	68%	43%	100%

Anexo nº10: Escala utilizada para a análise quantitativa da concorrência

ID	Escala
1	Ver Nota[1]
2	Não=0 ; Sim=5
3	Pessoas=2,5 ; Veículos=5
4	Não=0 ; Sim=5
5	IP/Rede=2,5 ; IP+Rede=5
6	Não=0 ; Sim=5
7	Não=0 ; Sim=5
8	Não=0 ; Sim=5

[1]Nota: pressupostos

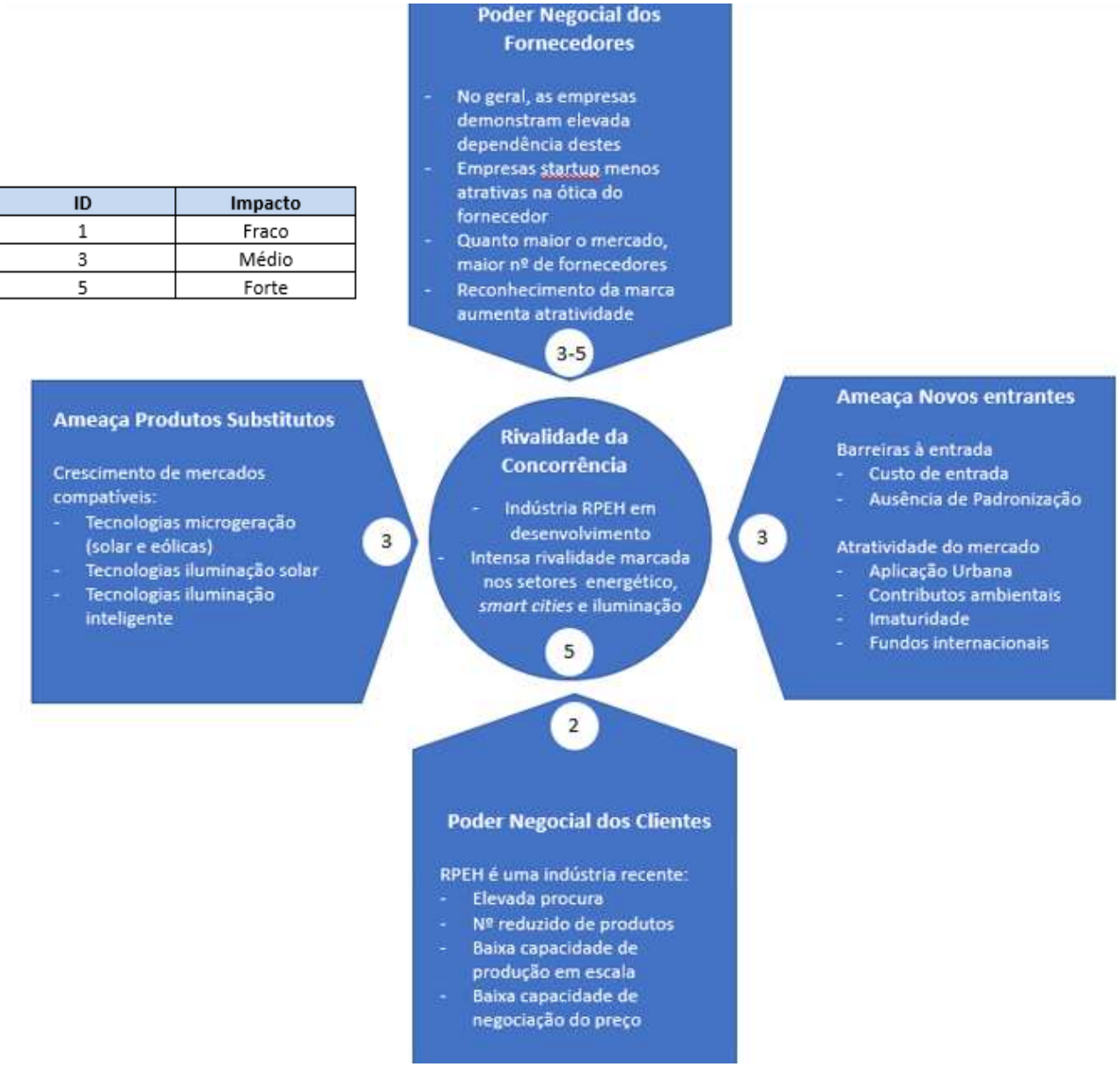
Por simplificação comparativa, será assumido que :
- Energia pedonal = **1**, pela insignificância de energia gerada, uma vez que a diferença de massa (humano/veículo) é considerável

- Energia solar fotovoltaica = **2**, pela sua baixa eficiência (derivada da inclinação, necessidade de revestimento do pavimento), exacerbada pelo baixo número de horas de luz solar/dia, em comparação com extração de energia cinética. O mesmo valor aplica-se para a microgeração eólica (Omniflow)

- Tendo por base o valor de energia gerada da Pavnext (684 j/veículo/m), é definido que:
  valores ≥ 684j/veículo/m = **5**
  valores entre 342 - 684 = **4**
  valores < 342 = **3**

Anexo nº 11: Esquema 5 Forças de Porter

ID	Impacto
1	Fraco
3	Médio
5	Forte



Anexo 12: Rivalidade da Concorrência

Mercado		Principais *Players*	Comportamentos que atestem rivalidade verificados
Mercado *Road Pavement Energy Harvesting*		Underground Power, Kynergy Power, Solmove, SolaRoad, Solar Roadways, Colas Group, Pavegen, Energy Floors	. Setor em crescimento e desenvolvimento (poucos atores) . Maioria dos atores ainda em estado de desenvolvimento . Participação em concursos para angariação de fundos e exposição . Candidatura a programas de apoio financeiro . Realização de *crowdfundings* . Introdução e Diversificação de produtos no portfólio (Pavegen, Energy Floors, Underground Power) . Parcerias com empresas para efeitos de marketing
Mercado Renováveis	**Eólico**	TOP 5: Siemens Gamesa Renewable Energy, Vestas, Xinjiang Goldwind Science & Technology, GE Renewable Energy, e Enercon Gmbh	. Setor em crescimento e vasto (múltiplos atores) . Rendas na ordem dos mil milhões . Aquisição/Parcerias de empresas para efeitos de inovação e modernização . Aquisição de empresas para entrada em outros segmentos de mercado . Parcerias para criação de soluções conjuntas, marketing . Aquisição/Parcerias de empresas para efeitos de inovação e modernização . Aquisição de empresas para entrada em outros segmentos de mercado . Parcerias para criação de soluções conjuntas, marketing
	Solar	TOP 5: Canadian Solar, Jinko Solar, Trina Solar, JA Solar	. Setor em crescimento e vasto (múltiplos atores) . Rendas na ordem dos mil milhões . Aquisição/Parcerias de empresas para efeitos de inovação e modernização . Aquisição de empresas para entrada em outros segmentos de mercado . Parcerias para criação de soluções conjuntas, marketing . Aquisição/Parcerias de empresas para efeitos de inovação e modernização . Aquisição de empresas para entrada em outros segmentos de mercado . Parcerias para criação de soluções conjuntas, marketing
Mercado *Smart Cities*		Huawey, Cisco, General Eletric, IBM Corporation, Microsoft Corporation, Oracle Corporation, ABB, Siemens, Bosch	. Setor em crescimento e vasto (múltiplos atores) . Rendas na ordem dos mil milhões . Aquisição de outras empresas para alargamento de portfólio e área geográfica . Estabelecimento de parcerias . Programas de incubação de startups . Capacidade de entrada de novos atores (Sidewalk labs – spin-off da Google)
Mercado Iluminação		Signify, Itron, Telensa, Osram, GE Lighting, Panasonic, Eaton, Sunna Design, Fotovolt, Urban Solar	. Setor em crescimento e vasto (múltiplos atores) . Rendas na ordem dos mil milhões . Aquisição de outras empresas para alargamento de portfólio e área geográfica . Estabelecimento de parcerias para criação de novas soluções conjuntas . Aquisição de empresas para efeitos alargamento de portfólio

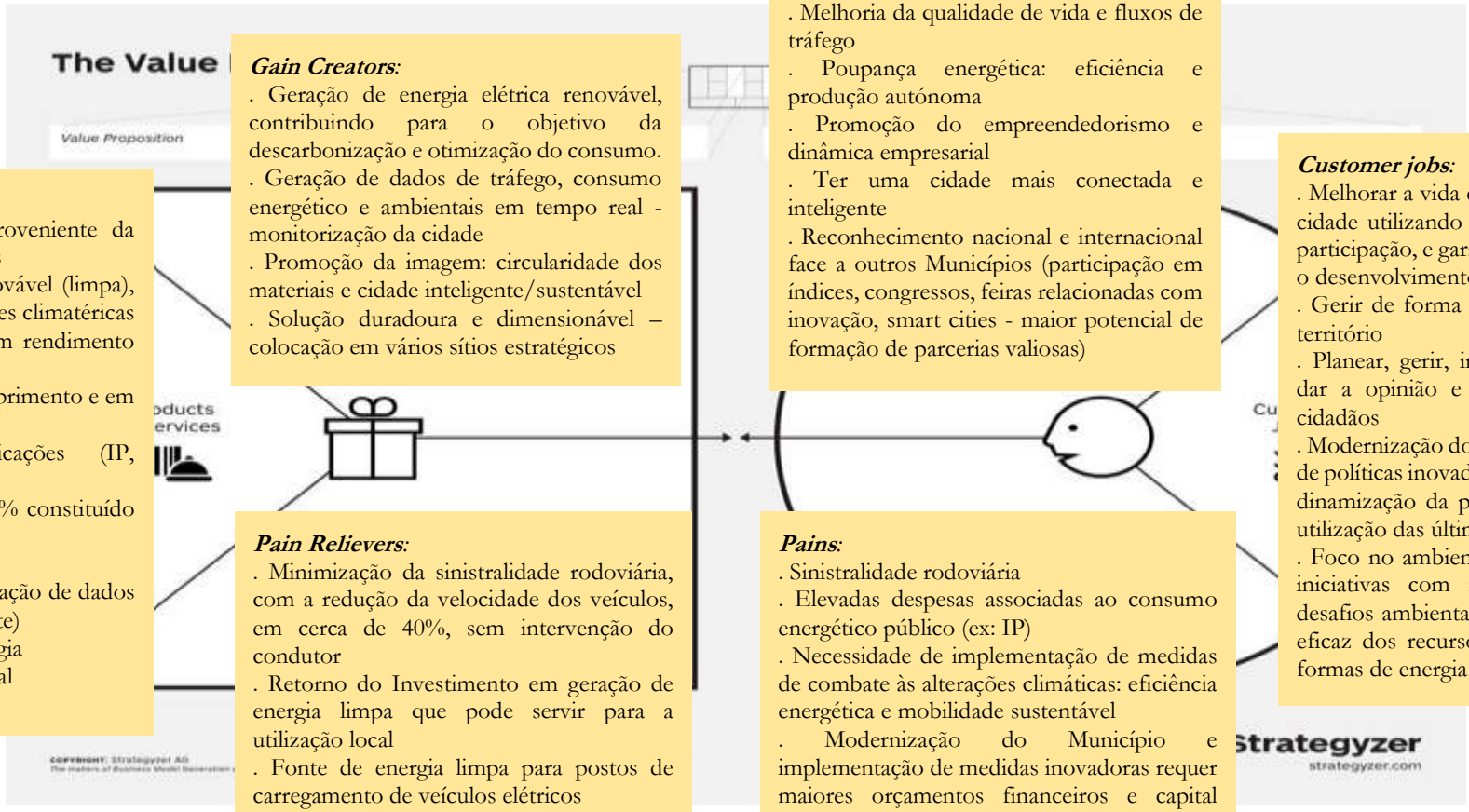
Evidências utilizadas para elaboração da Rivalidade de Concorrência foram de caráter informativo essencialmente secundário (imprensa, *websites* das empresas).

Anexo nº13: Segmentação de Potenciais Clientes para o NEXT-Road e Escala

Segmento de Clientes	Dimensão	Capacidade de Pagamento	Acessibilidade	Prazo médio de pagamento	Atividade/interesse em inovação e *smart cities*	Atividade relacionada com energia	Relevância da segurança rodoviária	Total
Câmaras Municipais (PT)	4	1	2	1	1	1	3	13
Câmaras Municipais com atividade/interesse em *smart cities*	**2**	**3**	**3**	**2**	**3**	**1**	**3**	**17**
Operadores de Autoestradas	**2**	**3**	**2**	**2**	**2**	**1**	**3**	**15**
Empresas de Comercio de Energia	**1**	**3**	**2**	**2**	**3**	**2**	**1**	**14**
Empresas de Infraestruturas Rodoviárias	**3**	**2**	**2**	**2**	**2**	**2**	**3**	**16**
Grandes Superfícies Comerciais	2	3	2	2	1	1	2	13
Operadores de Postos de Carregamento Elétrico	2	3	2	2	1	2	1	13
Grandes Empresas Tecnológicas	**2**	**3**	**2**	**2**	**3**	**2**	**1**	**15**
Seguradoras com missões sociais	1	2	2	2	2	1	2	13
Associações/Clubes com missões sociais	1	1	3	2	3	1	2	13
Condomínios Privados/ Empresas de Gestão de propriedade	4	1	3	1	1	1	2	13
Aeroportos e Aeródromos	2	2	2	2	1	1	3	13

Escala	
Dimensão	>300=4; 300-100=3; 100-20=2; <20=1
Capacidade de Pagamento	Baixa=1; média=2; elevada=3
Acessibilidade	Baixa=1; média=2; elevada=3
Prazo médio de pagamento	<60 dias= 2; >60 dias= 1
Interesse/Iniciativas em inovação/*smart cities*	Baixo=1; médio=2; elevado=3
Atividade base relacionada com a energia	Sim=2; Não=1
Relevância da Segurança Rodoviária	Baixa=1; média=2; elevada=3

Anexo 14: *Value Proposition Canvas* preenchido



Produto: NEXT-Road:
. Geração de energia proveniente da desaceleração dos veículos
. Geração de energia renovável (limpa), independente das condições climatéricas
. Baixo risco - retorno em rendimento energético
. Dimensionável (em comprimento e em número)
.Versatilidade de aplicações (IP, sinalização, e-mob)
. Constituição verde – 95% constituído por materiais recicláveis
. Fácil instalação
. Sistema Inteligente – geração de dados (tráfego, energia e ambiente)
. Armazenamento da energia
. Manutenção simples anual
. Solução duradoura

Gain Creators:
. Geração de energia elétrica renovável, contribuindo para o objetivo da descarbonização e otimização do consumo.
. Geração de dados de tráfego, consumo energético e ambientais em tempo real - monitorização da cidade
. Promoção da imagem: circularidade dos materiais e cidade inteligente/sustentável
. Solução duradoura e dimensionável – colocação em vários sítios estratégicos

Pain Relievers:
. Minimização da sinistralidade rodoviária, com a redução da velocidade dos veículos, em cerca de 40%, sem intervenção do condutor
. Retorno do Investimento em geração de energia limpa que pode servir para a utilização local
. Fonte de energia limpa para postos de carregamento de veículos elétricos
. Apoios de fundos financeiros ligados à inovação/smart cities
. Acessibilidade de instalação, que não requer grande projeto de obra

Gains:
. Melhoria da qualidade de vida e fluxos de tráfego
. Poupança energética: eficiência e produção autónoma
. Promoção do empreendedorismo e dinâmica empresarial
. Ter uma cidade mais conectada e inteligente
. Reconhecimento nacional e internacional face a outros Municípios (participação em índices, congressos, feiras relacionadas com inovação, smart cities - maior potencial de formação de parcerias valiosas)

Pains:
. Sinistralidade rodoviária
. Elevadas despesas associadas ao consumo energético público (ex: IP)
. Necessidade de implementação de medidas de combate às alterações climáticas: eficiência energética e mobilidade sustentável
. Modernização do Município e implementação de medidas inovadoras requer maiores orçamentos financeiros e capital intelectual
. Dificuldade na gestão de grandes volumes de dados provenientes de sistemas distintos
. Atraso e condicionamento de projetos devido a licenciamentos e processos de gestão ambiental - questões de ordenamento do território

Customer jobs:
. Melhorar a vida dos que vivem ou visitam a cidade utilizando tecnologia, promovendo a participação, e garantindo a sustentabilidade e o desenvolvimento económico do município
. Gerir de forma sustentável os recursos do território
. Planear, gerir, investir, fiscalizar, licenciar, dar a opinião e defender os direitos dos cidadãos
. Modernização dos serviços da cidade através de políticas inovadoras de gestão de território, dinamização da participação dos cidadãos e utilização das últimas tecnologias (*smart cities*)
. Foco no ambiente e energia: promoção de iniciativas com respostas inovadoras aos desafios ambientais que levem a uma gestão eficaz dos recursos e à utilização de novas formas de energia.

Anexo nº15: Respostas obtidas no processo de *Discovery*

	CM Matosinhos	CM Esposende	CM Maia	CM Valongo	CM Braga	CM St. Tirso	CM Lisboa
Interesse no domínio Segurança Rodoviária	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Principais medidas SR	Diminuição de semáforos e aumento de rotundas; aposta em passadeiras sobreelevadas; alargamento de passeios	Lombas, semáforos, passadeiras sobre-elevadas, redutores de velocidade	Lombas, semáforos, reguladores de velocidade, sinais H7 com módulos LED	Redução da largura da faixa de circulação; Criação e alargamento de passeios; pisos tacteis para invisuais; redução da circulação de pesados; Plano de Mobilidade Municipal; Projeto C-Streets	Grande problema: transgressão crónica dos limites de velocidade. Medidas: política sobretudo de sensibilização; medidas clássicas (semáforos, lombas)	Modelo de Plano da Sinalética, objetivo 0 falhas. 3a fase- medidas de acalmia. Plano do Conselho - identificação de pontos críticos. Construção de vias partilhadas, prioridade ao peão.	Sinalização e passadeiras elevadas; Têm retirado as lombas; semáforos
Eficácia das medidas utilizadas	passadeiras e cruzamentos sobrelevados funcionam	Misto: por um lado os cidadãos exigem mais segurança, por outro queixam-se do impacto das lombas	Comprovada através da diminuição da sinistralidade nos pontos críticos identificados nos relatórios de sinistralidade que lhes são enviados, e através de reclamações. Por vezes não conseguem medir se foi eficiente	Avaliação dos números de sinistralidade, opinião da população (queixas/aceitação)	A eficácia das medidas é verificada através dos contadores de tráfego.	Eficácia só pode ser medida a médio-longo prazo, através da redução do nº de acidentes. Acreditam que vai melhorar significativamente.	Sinalização: não tem grande eficácia. Passadeiras elevadas: acham que têm melhorado, mas não têm dados que o comprovem
Informações em relação à sinistralidade rodoviária	PSP elabora relatórios com 1 ano de atraso	relatório trimestral da GNR - registam valor	Relatórios elaborados pela PSP. Usam valores de custos da ANSR como referência	Informação dada por entidades externas: ANSR, IP, PSP	Obtêm os números de sinistralidade: PSP, GNR. Mas já estão a construir um próprio sistema de monitorização.	Plano do Conselho - Cruzamento de dados provenientes de diferentes entidades, como os Bombeiros, a GNR. Dados até 2018.	recebem da PSP e alguns da GNR, mas com um ano de atraso; Não têm uma fórmula de cálculo do custo económico para eles
Ações no domínio da	essencialmente realização de ações no	Grande aposta no aumento dos espaços	Maia abrangeu todas as áreas que faziam parte do	Plano de Mobilidade - retirar trânsito pesado,	Principal área de ação é a Mobilidade (promoção	Objetivo descarbonização 0 em 2050.	reformulação dos transportes públicos;

Descarbonização	domínio da diminuição das emissões de CO2.	verdes; promoção da mobilidade suave (expansão das ecovias); Plano Municipal de Adaptação Às Alterações Climáticas; Projeto da Pegada Carbónica, etc.	domínio da candidatura - Living Lab. Principais domínios de ação: eficiência energética, Pacote da Mobilidade, Economia Circular e Ambiente	implementação de postos elétricos; Espaços verdes - melhorar a qualidade do ar; Eficiência Energética	mobilidade suave), energia e ambiente (Projetos de compensação de CO2.)	Mobilidade: Programa Pedala, Shuttle gratuito. Criação de rede de transportes. Energia: colocação total de LEDs	promoção de mobilidade sustentável, redução pegada carbónica
Valorização do CO2	Utilização de sistemas de recompensas de poupança de emissões (AYR credits)	Possuem métodos de contabilização do CO2 emitido pelos edifícios de domínio público.	Está em fase final de reuniões a aquisição de um software que permitirá avaliar o CO2 para acompanhamento de consumos de edifícios	Não possui critério de valorização do CO2	Valorização de CO2 não é feita de forma direta. Através de sensores de qualidade do ar, ruído, água, conseguem verificar o impacto do CO2	Está a ser desenvolvida uma aplicação que permite saber quanto se poupa em CO2.	Valorização do CO2 corresponde ao valor da multa.
Desafios à implementação de medidas	Financeiros; Organizacionais	Financeiros: é uma Câmara pequena	Restrições orçamentais; Organizacionais; questões jurídicas	Orçamento Municipal baixo; é necessária a definição de políticas e planos de ação; Processos lentos	Financeiros, falta de financiamentos ligados a áreas de interesse específicas. Preocupação com o urbanismo tático: "saber escolher bem".	Questões orçamentais/financeiras, medidas são caras; processos morosos. A mobilidade é um eixo prioritário, mas não o único.	Financeiros: como são a Câmara principal do país não têm acesso a determinados financiamentos do Estado; menos acesso a fundos nacionais.
Interesse no domínio da Mobilidade Elétrica	Sim	Sim	Não é prioridade. Principais metas são: trabalhar a mobilidade pedonal, ciclável e transporte público.	Sim	Sim	Sim	Sim
Medidas Mobilidade Elétrica	Ainda não, mas têm objetivos de criar uma rede de carregamento elétrico (parceiros: Prio, Galp, Endesa)	Promoção e difusão da mobilidade suave - bicicletas elétricas, tuctucs elétricos; Eletrificação da frota; Promoção e construção das Ecovias; Projeto de sensibilização da bicicleta como meio de transporte; ainda não possuem rede de	Não dispõe de postos de carregamento. Estão programadas instalações, mas não em vias públicas. Desejavelmente, idealizam a construção de um "Eletric hub". Pretendem diminuir o nº de carros. Mudança da frota.	Promoção mobilidade elétrica, dar condições - implementação de postos elétricos. C-Streets, Plano de Mobilidade; Last Mile	Renovação da rede da Mobi.E. Têm também algumas empresas interessadas na colocação desses equipamentos. Renovação de alguma frota para elétrica.	Estão a adquirir viaturas elétricas; Implementação de Postos de carregamento. Projeto Pedala: ciclovias + 7 estações de bicicletas.	Possuem rede de carregamento elétrico

		carregamento elétrico: NÃO têm parceiros de mobilidade					
Papel no domínio da Mobilidade Elétrica	Intermediário/facilitador	Atuam como intermediário e como enabler	Intermediários. Não querem ter atitude promotora.	Intermediários	Intermediários, com intenções de promotor	Misto: promotores e intermediários	Intermediário: permitem a implantação de soluções nos espaços, mas obrigam a que essa implantação seja homogénea
Interesse no domínio das Smart Cities (Sensorização)	Sim (já medem alguns dados de tráfego e possuem sensores na luminárias que medem a qualidade do ar)	Sim, já monitorizam alguns dados de tráfego tais como o impacto sonoro dos veículos e a qualidade do ar, embora possa ser considerado mais como um indicador ambiental	Sim, no momento recorrem a entidades externas para contagens de dados de tráfego, medições de ruído, qualidade do ar. Querem determinar quais os pontos chave para implementação contínua. Análise de dados de Tráfego é considerada muito benéfica. Problema: processo de monitorização. Software ligado à eficiência energética. Pretendem implementar uma plataforma integradora, onde vão adotar uma estratégia portal de dados abertos.	Não possuem ainda medidas implementadas; já foram realizadas contagens para entender o nº de circulação; Prioridade: medição da qualidade do ar	Sim, já possuem sensores de qualidade do ar, ruído, água.	Não fazem sensorização de dados de tráfego, mas é do interesse do município. Há medição de dados (ex. qualidade do ar), sendo que quando há um "pico" é gerado um alerta. Não sabe se são sensores do município ou de uma entidade externa.	Sim: já possuem monitorização de alguns dados relativos aos tráfego.
Valorização dos dados	Valorização de dados com ajuda dos coeficientes de ODS que estão a ser elaborados, vão ajudar na escolha dos investimentos que são feitos nesta área	Não, apenas para uso próprio	Não possuem valor económico a atribuir à componente dos dados. Sensores têm diferentes custos consoante o desempenho.	Apenas medem consumos (energéticos), pela fatura. Valorização: é difícil, não sabem qual é o retorno	Apenas uso próprio. Após a aquisição da plataforma é relativamente fácil alargarem o número de sensores para obter mais informação. PROBLEMA: tratamento de dados	Não fazem. Medem consumos (energéticos) pela fatura.	Não, apenas utilizam para proveito próprio.

Áreas de ação no domínio da Eficiência Energética	IP	IP e Edifícios	IP, edifícios, equipamentos. Projeto S-PARCS	Eficiencia energética IP, eficiência de equipamentos	IP, edifícios.	Edifícios e IP.	IP e edificios.
Fornecedor de Energia	EDP	EDP e outros para alguns edificíos	Endesa	EDP	EDP	EDP	EDP
Sistemas de Iluminação	Substituição de luminárias por LEDs	Projeto em colaboração com a EDP: colocação de um sistema de iluminação inteligente	substituição da luminária por LEDs, colocação de relógios astronómicos, o desfasamento do horário na totalidade em 15 minutos ao ligar e 15 ao desligar.	1º Municipio a substituir IP total por LEDs; possuem sistemas dinâmicos em zonas industriais, desfasamento de intensidade	Substituição das luminárias por LEDs. Não têm aplicações de sistemas dinâmicos, devido ao custo elevado.	Colocação de LEDs em todo o municipio. Possuem sistemas dinâmicos em alguns locais - relógios que liga/desliga.	Substituição progressiva por LEDs
Auto-consumo/ venda	Autoconsumo: SIM, é permitido mas a EDP cobra sempre qualquer coisa Venda: a Câmara NÃO pode vender/cobrar energia.	Autoconsumo: estão a avaliar a viabilidade de instalação de mecanismos de auto-produção de energia nas escolas e instituições privadas de solidariedade social Venda: (está em estudo) mas podem praticar a venda.	Autoconsumo: SIM. Vão iniciar projetos de aquisição de painéis fotovoltaicos Venda: permitida a venda, dependendo do modo de exploração do painel.	Autoconsumo: SIM Venda: talvez a venda do excedente ao fornecedor, mas há questões legais envolvidas	Para autoconsumo é sempre permitido porque a EDP não tem nada a ver. A venda não é permitido. Só se for agente devidamente autorizado.	Autoconsumo: Sim, contudo não possuem projetos neste âmbito. Venda: Não é permitida.	Autoconsumo: Sim Venda: "zona cinzenta"
Parcerias com empresas (e start-ups)	Sim para ambas (à partida é possível afirmar que possuem uma parceria com pelo menos o Ceiia e a Pavnext)	Parceria com algumas entidades externas. Ex: uma empresa instalou toda a rede de antenas/rede LoRa	Neste momento não possuem parcerias, mas irão ter pelo Living Lab. Planeiam estudar a nova figura no âmbito do CCP, as parcerias para a inovação.	Não fazem. Fazem essencialmente com agências não de carater privado (ex: ANSR, ADE) e universidades	Apadrinhamento de espaços - Ações e parcerias com grandes empresas, como a Bosch, Primavera Software, INL, etc. Recorrentemente trabalham com Universidades e seus centros de competência (TecMinho)	Não, não tem recordação de terem feito antes.	Grandes empresas: sim, para facilitar a implementação das tecnologias. Startups: é raro, mas tentam em consórcios começar a incluir.

Modelo de Contratação Preferível	Prestação de Serviços: Seguir o que está previsto na legislação: 3 anos contratos públicos + renovação	Normalmente os valores são inferiores a 350,000€ não necessitando de ir a tribunal de contas.	Principalmente em casos de tecnologia tentam fazer pela prestação de serviços. Duração: por 1 ano renovável até 3. Ao final dos 3 deve-se abrir novo procedimento de contratação. Patente fornece vantagem	Preferência: Prestação de Serviços. Pagamento: de acordo com o que a lei prevê. Duração: preferência não ultrapassar o mandato, mas há possibilidade de ser mais extenso.	Preferem o mais rápido, mais barato para o município e eficaz.	Não demonstrou preferência. É seguir o CCP e ver o melhor processo adaptado. Duração: é um modelo diverso, deve ser visto caso por caso.	Por um lado disseram que preferiam serviços, por outro preferem contratos no tempo, que assegure o funcionamento e qualidade do produto
PPPs	Sim (ex: parquímetros)	Não	Está nos objetivos, mas não possuem nenhuma.	Não	Não	Não	Sim
Ajustes Diretos	Adjudicação direta é cada vez mais difícil, mas é justificável quando a empresa é única com patente com limites abaixo	Não realizam ajustes diretos, porque os montantes dos contratos costumam ser reduzidos.	Depende dos valores dos contratos	--	--	--	Fazem ajustes diretos. Dentro dos limites da lei.
Contratos Operacionais	Normalmente é feito com empresa da especialidade para a manutenção do equipamento, exceto quando a própria empresa não consegue	Seguem o esquema definido pela lei	Seguem o esquema definido pela lei	Estabelecidos aquando a aquisição do serviço (que deve incluir a componente de manutenção)	Seguem o esquema definido pela lei	Seguem o esquema definido pela lei	Não fazem compra sem garantir que o produto tem continuidade e garantia de estar funcional no tempo. Neste aspeto, não entra só o preço, mas também o Know-how face ao sistema.
Como se informam das soluções existentes	Com o auxílio do Ceiia	--	Normalmente as empresas apresentam as suas propostas. A componente do preço/retorno é relevante, mas as outras características técnicas também contam muito. Se já foi implementado noutro sítio.	Os parceiros aconselham (ADE Porto, agencias, etc); "copiar" aquilo que está a ser bem feito; seguem avisos de candidatura	--	Participação em ações, partilhas de experiências com outras cidades. Valorizam custo-benefício, impacto.	Participam (e organizam) eventos ligados à inovação; também estão envolvidos nos principais grupos europeus ligados a Smart cities e soluções para cidades:

							Eurocities, Sharing Cities.
Financiamentos	Departamento próprio ligado a candidaturas a fundos internacionais europeus. Também se candidatam a fundos portugueses: ex. Fundo Ambiental.	Não têm um orçamento muito grande.	Ações Living Lab e Projeto S-PARCS: Horizonte 2020. "Tudo" o que tem 2020. Têm um serviço que apoio na submissão de candidaturas e faz acompanhamento da gestão. Também recorrem a prestadores de consultoria.	Caso C-Streets: apoio financeiro do CEF Possuem um gabinete próprio para candidatura a financiamentos	Candidaturas aos fundos são feitas de modo misto: as mais simples são pelo gabinete próprio, as restantes são feitas por entidades externas. Braga é o campeão do Fundo Ambiental.	Candidatam-se a financiamentos comunitários. Possuem um Gabinete próprio.	Executam várias candidaturas a nível internacional. Concorrem de forma mista, dependendo do tipo de candidatura exigido: através de gabinete próprio ou através de parcerias com algumas consultoras.
Importância da componente de retorno económico	Não é importante.	"À partida não.."	Em questão de eficiência energética, sim.	Não, apenas melhorar a qualidade de vida.	Retorno não é prioridade. Melhoria da qualidade de vida dos cidadãos é prioridade.	Retorno económico é fundamental, nas áreas em que esse retorno pode existir. Quando o retorno é qualidade de vida, é quantificável a qualidade de vida.	O custo é uma variável importante, mas não crítica (exceto soluções de eficiência energética).
Publicitação	Publicidade: Deveria ser mais e melhor Pricnipais meios: redes sociais, conferências, eventos culturais, rádio, e meios físicos: mupis (JCDecaux); lonas	Têm retirados os outdoors físicos (cartazes, lonas, etc) e substituído por meios de publicidade digitais/ eletrónicos, como mupis. Costumam publicitar os seus empreendimentos e parcerias desde que possuam benefícios para os cidadãos.	Meios virtuais: redes sociais, site. Meios Físicos: jornais locais, publicidade em grandes formatos: mupis/outdoors. Praticam a publicitação dos empreendimentos com valor social e ambiental (ex. passadeira inteligente 3D). Quem está a cargo da publicidade é a Cemark e JCDcaux. Equipamento da Cemark passou pra propriedade do município.	Meios Virtuais: redes sociais, site. Meios Físicos: Boletim Municipal, outdoors Estão a apostar na melhoria de comunicação - outdoors eletrónicos. Gostariam de divulgar mais e melhor. A vezes contratam empresas externas para esse efeito.	São dos Município que mais propaganda faz. Têm vários postos interativos (TOMI), utilizam as redes sociais, etc.	Meios Virtuais: site, redes sociais Meios Físicos: jornal do Município, outdoors, os mupis, o digital (TOMY); publicidade institucional no aeroporto, imprensa Eles fazem a gestão da publicidade, os outdoors/mupis são feitos por empresas externas (JCDcaux). Importam-se com um Município "limpo", pouca poluição visual.	Meios tradicionais - redes sociais, sites Mupis - com várias empresas - JCDecaux, Tommy.

Anexo nº16: Resultados obtidos na Análise de Sensibilidade

Economia Total		Variação Percentual -1%	%	Variação Percentual -10%	%	Variação Percentual 1%	%	Variação Percentual 10%	%
BASE	**ADDT**	- 14 501,48 €	-3,00%	- 18 308,10 €	-30,04%	- 13 655,56 €	3,00%	- 9 848,94 €	30,04%
- 14 078,52 €	**η**	- 14 783,45 €	-5,01%	- 21 127,82 €	-50,07%	- 13 373,59 €	5,01%	- 7 029,22 €	50,07%
	TINV	- 13 514,78 €	4,00%	- 8 441,09 €	40,04%	- 14 642,26 €	-4,00%	- 19 715,95 €	-40,04%
	CAPEX	- 13 763,52 €	2,24%	- 10 928,52 €	22,37%	- 14 393,52 €	-2,24%	- 17 228,52 €	-22,37%
	YMP	- 13 829,78 €	1,77%	- 11 591,09 €	17,67%	- 14 327,26 €	-1,77%	- 16 565,95 €	-17,67%
	PPM	- 13 828,52 €	1,78%	- 11 578,52 €	17,76%	- 14 328,52 €	-1,78%	- 16 578,52 €	-17,76%
	ICPM	- 14 028,52 €	0,36%	- 13 578,52 €	3,55%	- 14 128,52 €	-0,36%	- 14 578,52 €	-3,55%
	SCEP	- 14 501,48 €	-3,00%	- 18 308,10 €	-30,04%	- 13 655,56 €	3,00%	- 9 848,94 €	30,04%

Anexo nº17: Resultados obtidos na Análise Técnica e Económica e Análise Custo-Benefício

Cenários		Análise Técnica e Económica				ACB: Autoconsumo		
		TEge	CF	PPW	LCOE	VAL	ROI	TIR
Cenário 1: AADT	1.1 AADT = 20 000	195 813,81	5,59%	0,79 €	0,29 €	- 175 634,82 €	10+	-
	1.2 AADT = 30 000	293 720,71	8,38%	0,79 €	0,19 €	- 69 307,49 €	8	-18%
	1.3 AADT = 40 000	391 627,62	11,18%	0,79 €	0,14 €	37 019,84 €	6	10%
	1.4 AADT = 50 000	489 534,52	13,97%	0,79 €	0,12 €	143 347,17 €	5	29%
	1.5 AADT = 15 000	146 860,36	4,19%	0,79 €	0,38 €	- 228 798,49 €	10+	-
	1.6 AADT = 10 000	97 906,90	2,79%	0,79 €	0,58 €	- 281 962,16 €	10+	-
Cenário 2: Investimento (-50%)	2.1 AADT = 20 000	195 813,81	5,59%	0,39 €	0,14 €	18 509,92 €	10+	-
	2.2 AADT = 30 000	293 720,71	8,38%	0,39 €	0,10 €	124 837,25 €	8	48%
	2.3 AADT = 40 000	391 627,62	11,18%	0,39 €	0,07 €	231 164,58 €	3	89%
	2.4 AADT = 50 000	489 534,52	13,97%	0,39 €	0,06 €	337 491,91 €	5	151%
Cenário 3: Preço da Energia (0,31€/kWh)	3.1 AADT= 20 000	195 813,81	5,59%	0,79 €	0,29 €	- 88 639,73 €	9	-
	3.2 AADT= 30 000	293 720,71	8,38%	0,79 €	0,19 €	61 185,14 €	6	15%
	3.3 AADT= 40 000	391 627,62	11,18%	0,79 €	0,14 €	211 010,02 €	5	41%
	3.4 AADT= 50 000	489 534,52	13,97%	0,79 €	0,12 €	360 834,89 €	4	68%
Cenário 4: Preço da Energia (0,31€/kWh) e Investimento (-25%)	4.1 AADT= 20 000	195 813,81	5,59%	0,59 €	0,22 €	8 432,64 €	8	5%
	4.2 AADT= 30 000	293 720,71	8,38%	0,59 €	0,14 €	158 257,51 €	6	41%
	4.3 AADT= 40 000	391 627,62	11,18%	0,59 €	0,11 €	308 082,39 €	4	78%
	4.4 AADT= 50 000	489 534,52	13,97%	0,59 €	0,09 €	457 907,27 €	4	129%
Cenário 5: Investimento (-25%)	5.1 AADT= 20 000	195 813,81	5,59%	0,59 €	0,22 €	-78 562,45 €	10+	-
	5.2 AADT= 30 000	293 720,71	8,38%	0,59 €	0,14 €	27 764,88 €	7	10%
	5.3 AADT= 40 000	391 627,62	11,18%	0,59 €	0,11 €	134 092,21 €	6	35%
	5.4 AADT= 50 000	489 534,52	13,97%	0,59 €	0,09 €	240 419,54 €	5	60%

Cenário 6: Eficiência (70%)	6.1 AADT= 20 000	228 449,44	6,52%	0,79 €	0,25 €	- 140 192,38 €	10+	-
	6.2 AADT= 30 000	342 674,16	9,78%	0,79 €	0,16 €	- 16 143,83 €	7	-2%
	6.3 AADT= 40 000	456 898,89	13,04%	0,79 €	0,12 €	107 904,73 €	6	23%
	6.4 AADT= 50 000	571 123,61	16,30%	0,79 €	0,10 €	231 953,28 €	5	44%
Cenário 7: Eficiência (80%)	7.1 AADT= 20 000	261 085,08	7,45%	0,79 €	0,22 €	- 104 749,94 €	9	-
	7.2 AADT= 30 000	391 627,62	11,18%	0,79 €	0,14 €	37 019,84 €	6	10%
	7.3 AADT= 40 000	522 170,15	14,90%	0,79 €	0,11 €	178 789,61 €	5	35%
	7.4 AADT= 50 000	652 712,69	18,63%	0,79 €	0,09 €	320 559,39 €	4	60%

Anexo nº18: Respostas Obtidas no Processo de Validação

	Município Esposende	**Município Gondomar**	**Município Maia**	**Município Matosinhos**	**Município Madrid**	**Município Valência**	**Município Haia**
Validação do Produto							
Características que mais despertaram interesse	Operação sem causar ruído e impacto na viatura; Benefícios ambientais associados	Minimização da sinistralidade rodoviária pela redução de velocidade autónoma; Capacidade de geração de dados, principalmente de tráfego	Minimização da sinistralidade rodoviária pela redução de velocidade autónoma; Gestão e monitorização de dados de tráfego e energia; o facto de o pavimento ser uma solução que agrega vários benefícios	Promoção Segurança Rodoviária; Poupanças Energéticas; Obtenção e monitorização de vários tipos de dados; Acessibilidade da solução – método fácil de instalação	Minimização dos níveis de poluição do ar, e monitorização desses e outro tipo de dados relevantes para o município (fator inteligente da solução); A promoção da segurança rodoviária.	Produção de energia aliado à eficiência energética; Promoção da segurança rodoviária	Operação sem causar ruído; Ligação do projeto com o tema a mobilidade sustentável (segurança rodoviária e mobilidade elétrica)
Potenciais entraves de impedimento à implementação do produto	O montante de investimento	O montante de investimento	O montante de investimento	O montante de investimento	O montante de investimento	O montante de investimento	--
Critérios de sucesso/insucesso que poderiam ser aplicados aquando da implementação do projeto piloto	Diminuição de reclamações por parte da componente da segurança rodoviária e ruído causado pela medida de segurança imposta; Melhoria da imagem social do Município	Se fosse instalada numa zona com registo de sinistros, um critério de sucesso seria a redução de acidentes.	Avaliação e comparação da redução de acidentes rodoviários, vítimas, velocidade dos veículos, eficiência energética (% redução) com base nos estudos que a Pavnext iria efetuar após a operação do pavimento.	Avaliação da eficácia de redução de acidentes rodoviários, vítimas e velocidade de circulação dos veículos nas zonas de instalação do pavimento; Avaliação da gestão de energia por poupanças energéticas; Perceção da eficácia da solução	Teria de ser falado, depende do sentido e do objetivo com que seja implementado.	--	--

				por parte da população.			
Preferência de acesso aos Dados gerados	--	Preferem o seu acesso integrado em conjunto com outras informações que possuem no Município.	Preferem o seu acesso integrado em conjunto com outras informações que possuem no Município. Por exemplo, através de uma API (interface de programação de aplicações) faria sentido utilizar e trabalhar em conjunto com todos os outros dados.	Preferem o seu acesso sob a forma de relatórios em formato digital, pois o Município não tem vocação e capacidade para análise dos dados, no momento.	Preferem a obter a informação em tempo real.	--	--
Validação Modelo de Negócio 1							
Disponibilidade do Município para realizar contratos de prestação de serviços com renovação até 10 anos	Não se obteve resposta imediata. Apenas referiram que o caso teria de ser revisto, mas que até 3 anos era o costume.	Realizam contratos até 3 anos, mais que isso são exceções que devem ser bem fundamentadas. Mas também têm desses casos.	Não se obteve resposta imediata. Apenas referiram que a realização de contratos de longa duração se trata de uma situação que poderia levar a endividamentos. O normal é realizarem a renovação do contrato por 2 ou 3 vezes, pois por mais tempo causa implicações.	Costumam fazê-lo. O que fazem é renovações de 3 em 3 anos. Mas deve ser bem avaliado pelo departamento encarregue desta matéria.	Podem realizar contratos até 20 anos, mas realizam também contratos mais curtos também. No fundo depende do objeto e propósito do contrato em si.	Podem fazê-lo. Contudo, referiram que teria de ser visto pelo departamento responsável.	--
Funcionamento geral dos contratos de prestação de serviços: pagam os contratos ao mês ou ao ano?	--	Base mensal	--	Preferência por mensalidade, mas não tem grande relevância.	Indiferente	--	--
Enquadramento da aquisição do produto num processo de contratação por empreitada	Viram vantagem. Salientaram que o IVA por empreitada é de 6% enquanto por prestação de serviços é 23%.	Referiram que é mais viável como prestação de serviços. Vêem mais como um produto tipo chave-na-mão, no qual é elaborado um caderno de encargos por um	Poderia eventualmente ser possível, em contexto de re-pavimentação de estradas/infraestruturas/reabilitação de vias. Sob o ponto de vista da contratação pública, à partida, não há problema.	Acham que a tecnologia se enquadra mais sob uma prestação de serviços, contudo, verificaram vantagem em associar a tecnologia com projetos de	Referiram que seria possível, vêem o encaixe deste produto num projeto de reabilitação/re-pavimentação de vias.	Referiram que seria num modelo deste género que idealizariam a implementação do produto,	--

		determinado tempo. Não podem realizar uma empreitada no sentido de mandar o empreiteiro buscar o produto a outra empresa, neste caso a Pavnext.		reabilitação/requalificação de vias de caráter "empreitada com projeto de arquitetura".		por meio de um consórcio.	
Vantagem em adquirir o produto através de uma empresa maior (ex. Empresa de relevo no domínio tecnológico)	Não viram nenhuma vantagem específica.	Não responderam propriamente.	Não viram vantagem na compra através de um sócio comercial. É preferível comprar diretamente à Pavnext, do que estar a colocar intermediários no processo, algo que pode incrementar o custo do projeto.	Não viram nenhuma vantagem específica. Referiram que o valor da tecnologia mede-se pelo sucesso da mesma.	Não viram nenhuma vantagem.	Não viram nenhuma vantagem.	--
Opção de pagamento preferível: montante inicial mais baixo (20.000€) ou mais elevado (40.000€)?	A opção de pagamento inicial inferior (20.000€), tem um fator de risco menor.	Indiferente	Inicialmente, preferiam pagar o preço de venda (40.000€) e fazer um contrato de serviços à parte.	Inicialmente, preferem pagar um montante inferior (20.000€), pois consideraram que tinha mais atratividade ao investimento, e posteriormente diluir o maior montante ao longo do tempo.	Não responderam propriamente, apenas referiram que preferem efetuar o pagamento de forma faseada.	Preferem o pagamento de um montante inicial mais baixo (20.000€), seguido do restante de forma faseada.	--
Opção de pagamento a pronto do montante total (60.000€)	Esta opção seria preferencial caso se procedesse à realização do projeto com apoio de uma candidatura de apoio a projeto de investimento – sugeriram que a Pavnext podia	Afirmaram que o investimento era elevado para uma solução ainda em fase experimental. Só depois de ser feita uma proposta oficial do projeto, ao Município, é que veriam a melhor	Para a facilidade do processo em termos financeiros, esta seria a melhor opção de pagamento, contudo acharam o valor elevado.	Esta é também uma opção muito viável.	Não é uma opção, por uma questão de garantias, preferem pagar ao longo do tempo.	Não é uma opção, por uma questão de garantias, preferem pagar ao longo do tempo.	--

	avisar quando surgissem avisos/*calls* neste âmbito.	forma de realizar o pagamento.					
Validação Modelo de Negócio 2							
Disponibilidade para praticar um modelo PPP (parceria público-privada)	Um modelo deste género com parceiros assegurados, torna-se mais interessante.	À partida estariam dispostos a realizar um modelo deste género, mas devem ser verificadas especificações do CCP (código de contratação pública), pois há muitas condicionantes face a este tipo de modelos.	Não deram resposta imediata, pois um modelo deste tipo necessitaria de avaliação jurídica.	Não é habitual para o Município fazerem PPPs, mas reconhecem que a legislação está a mudar e têm de se adaptar, por isso afirmaram que estão dispostos.	Costumam fazer este tipo de contratos, mas depende de quem são os parceiros e quais as condições.	Normalmente, realizam este tipo de consórcios para implementar novas tecnologias.	--
Vantagens/Desvantagens do modelo PPP	Uma grande vantagem é a redução do investimento. Contudo, é desvantajoso pelo facto de exigir mais complexidade e dificuldade em conjugar com candidaturas.	Inclui vantagens para os potenciais parceiros e minimiza investimento para o Município. Contudo, é uma relação complicada, requer mais interação e criação de protocolos. Sugeriram a simplificação do modelo.	Uma das vantagens é a repartição do investimento. Contudo desvantajoso, no sentido de acrescentar complexidade ao processo para efeitos da sua execução.	Como desvantagem, apontaram o facto de ser mais complexo, e pelo facto de ainda não estarem muito à vontade com o processo. Contudo, a diminuição do preço para a Câmara aumenta a viabilidade do modelo.	Depende das condições.	A minimização do investimento é apresentada como a principal vantagem. Sugeriram a realização deste modelo na lógica inversa de pagamento.	--
Facilidade/dificuldade em angariar parceiros	Esposende não tem muitas empresas locais, por isso não têm muito apoio, pelo que seria uma dificuldade.	Sugeriram o contacto com empresas do setor energético e entidades públicas como a ANSR, IMTT, mas no sentido de ser	Preferiam que fosse a Pavnext a encontrar parceiros. Consideram que a empresa deveria arranjar um parceiro para uma alavancagem inicial, em termos de investimento, e	Sugeriram contactar empresas que já tivessem uma relação com o Município.	Há várias empresas que podem estar interessadas. Em Espanha, as empresas de construção e pavimentação podem estar interessadas, tais	Sugeriram empresas do setor das infraestrutura, com quem têm ligação em	--

		a Pavnext a contactar e angariar o parceiro.	também por forma a dar mais credibilidade ao produto.		como o Grupo Acciona, Ferrovial, etc.	vários projetos.	
Constituição do direito da exploração da energia, caso se selecione um parceiro energético	Não viram desvantagem.	Pode ser e pode não ser, depende do acordado entre ambas as partes, podem cooperar. Não quer dizer que seja prejudicial.	Vêem desvantagem porque está a retirar valor ao produto. Como o valor de investimento é alto, não querem perder valor.	Não viram desvantagem, salientaram que seria mais vantajoso se fosse com parceiros ligados com o Município.	--	Viram desvantagem, a componente da energia era prioridade.	--
Interesse em implementar o projeto, e sob que modelo preferencial?							
	Dado o investimento elevado que o projeto requer, demonstraram interesse em implementar primeiro num local de referência (ex: marginal), e ganhar sensibilidade e visibilidade para o feito. A partir daí, dependendo dos resultados, poderiam ser colocados, em outras zonas de risco e/ou junto a escolas.	De entre as modalidades apresentadas, a considerada mais viável foi a por prestação de serviços. Mas só depois de lhe fazerem uma proposta é que saberiam se o Presidente estaria disposto a implementar a solução. Se vissem que os benefícios do pavimento estavam a ser cumpridos, aí se calhar poderiam partir para outros locais, mas claro que os preços teriam de ser outros.	Comentaram que tinham cerca de 10 pontos críticos (sinistralidade), mas que primeiro queriam ver como o pavimento se comportaria no terreno. A considerar implementar em mais que um local fica muito caro. Em termos de modelo, preferiam pagar o preço de venda (40.000€) e fazer um contrato de serviços a parte, ou pelo pagamento do investimento total.	Pelos últimos relatórios e estudos que se fizeram, puderam ser avaliados 5 locais com mais incidência de acidentes. Assim, viam-se a instalar 5 pavimentos em 2 anos. Demonstraram um opinião favorável face ao preço, dizendo que "era aceitável". Preferiram o Modelo 1 com o pagamento menor de entrada inicial, ou o pagamento do investimento total com apoio de uma candidatura.	No geral, acharam ambos os modelos exequíveis e válidos. Não foi possível ter uma opinião sobre o preço pois eles avaliam o preço por m2, uma métrica que não foi fornecida na apresentação. Foi demonstrado um interesse no produto na resposta aos problemas de Madrid, como a poluição e sinistralidade, e viram o NEXT-Road como uma solução que se podia enquadrar no projeto Smart-roads que está em curso.	Demonstraram interesse e enquadramento da tecnologia com projetos de reabilitação na cidade em curso. Preferiam o Modelo 2.	Notou-se interesse na tecnologia e suas features, mas quando perceberam que o produto ainda não se encontrava em fase comercial, ou seja, ainda estava em fase de testes e piloto, perderam um pouco o interesse, e não se demonstraram disponíveis a colaborar na resposta às perguntas.
Nota Comum:	Foi unânime o interesse em saber acerca dos resultados das experiências realizadas com os protótipos até ao momento, assim como o desejo em contactar o Município de Matosinhos após a implementação do primeiro piloto em ambiente real, por forma a aumentar as garantias e confiança em relação ao produto desenvolvido pela Pavnext, que apesar do seu caráter inovador e disruptivo associado, apresenta um preço de investimento elevado. Ou seja, **medo do elevado investimento em algo encarado como o "desconhecido**".						

Anexo nº19: Municípios Inteligentes a nível Europeu

País	Rede Smart City	Nº Municípios na Rede	Nº total de Municípios no país	% Municípios Smart	% População Smart
Suíça	Union de Villes Suisses	132	2324	9%	41,67%
Holanda	G4 e G40	44	390	11%	43%
Alemanha	Bee Smart City	50	2054	2%	23,83%
Espanha	RECI	83	8124	1%	40%
França	Villes intelligentes en France	19	36658	0,05%	13,14%
Reino Unido	UK Smart Cities Index 2017	20	419	4,77%	24%
Suécia	Smart City Sweden	25	290	8,60%	36,60%
Itália	Italian Smart Cities (Urban Agenda)	88	8006	1%	23,71%
Dinamarca	The Danish Smart City Network	7	98	7,14%	23,77%
Áustria	Austria's Smart Cities	40	2100	2%%	44,50%
Bélgica	Smart cities in Flanders	10	589	1,53%	21,09%
Noruega	Smart Cities Norway Network	34	422	8%	57,25%
Finlândia	6 cities	6	313	1,92%	5,02%
Portugal	RENER	43	308	13%	42,98%
	Média			**5%**	**31,37%**
		Área total km²	**Área Smart km²**	**Nº Municípios total**	**Nº Municípios Smart**
Europa (aplicação dos 5%)		10 180 000	509 000	103 477	5 174

Anexo nº20: Levantamento do nº de passadeira por km² e passadeiras críticas

Cidade	nº habitantes	Área km²	nº passadeiras	nº passadeiras por km²	nº locais sensíveis	% sensíveis
Lisboa	504 718,00	100,05	4156	42	83	2,00%
Gondomar	168 027,00	131,86	2108	16	28	1,33%
Esposende	11 111,00	95,41	353	4	7	1,98%
Badajoz	149 946,00	1 470,0	3570	3	34	0,95%
Madrid	6 550 000,00	604,30	38 303,88	63	1045	2,73%
média				**25**		**1,80%**

Anexo nº21: Cenários e Valores utilizados para a Avaliação de Impacto SETA

Valores Base Impacto SETA	Cenário Mínimo	Cenário Médio	Cenário Máximo
Redução nº acidentes p/aplicação	28	33	39
Redução nº feridos graves p/aplicação	5	10	15
Redução nº fatalidades p/aplicação	1	1	2
Fluxo de Tráfego (veículos/dia)	10 000	15 000	20 000
Custo Vítima Mortal (€)	663.800		
Custo Ferido Grave (€)	96.100		
Preço energia (€/kWh)	0,216		
Fator Conversão CO_2: g CO_2/kWh	347[10]		
Valorização CO_2: €/ton CO_2	23,619		
Taxa de Evolução anual do Tráfego e Preço de Energia	2%		

[10] Valor obtido da plataforma SunEarthTools.com, obtido a 18 de Maio de 2020. https://www.sunearthtools.com/tools/CO2-emissions-calculator.php#txtCO2_3

Anexo nº22: Resultados Avaliação de Impacto SETA

Impacto	Cenário Mínimo	Cenário Médio	Cenário Máximo
Redução acidentes	113 820	134 145	158 535
Redução feridos graves	20 325	40 650	60 975
Redução Fatalidades	4 065	4 065	8 130
Custo evitado de acidentes (€)	4 651 579 500	6 604 812 000	11 256 391 500
Energia gerada (MWh)	39 056	58 587	78 120
Poupanças energéticas (€)	9 219 143	13 829 201	18 439 924
CO_2 evitado (ton)	13 553	20 330	27 107
Custo do CO_2 evitado (€)	320 097	480 163	640 251 €
Valorização total	4 661 118 740	6 619 121 364	11 275 471 675