

Computação Sustentável & Privacidade e Questões Éticas em Sensorização

Sensorização e Ambiente, Mestrado em Engenharia Informática, Escola de Engenharia - Universidade do Minho

Abstract. Este trabalho de investigação visa os conceitos de computação sustentável, privacidade e ética na área da sensorização e como estes são importantes no futuro deste âmbito. Com este fim, foi realizada uma pesquisa acerca destas noções, sobre a forma como estas se podiam conectar à área da sensorização e a sua aplicação em ambientes reais. A partir desta pesquisa foi possível entender a importância destes assuntos e como estes têm de ser tomados em consideração no presente e futuro desta tecnologia. Este estudo enfatiza a necessidade da utilização de tecnologias verdes, tal como a necessidade de proteger a privacidade e segurança dos utilizadores que recorram a ferramentas de sensorização.

Keywords: Sensorização · *Green Computing* · Privacidade

1 Introdução

A sensorização é uma área em constante expansão, que tem experienciado um crescimento significativo de ano para ano. Sensorização é o termo utilizado para descrever a utilização de sensores para a recolha de dados num dado ambiente. Um sensor é uma ferramenta que responde a um estímulo e efetua a sua tradução para outra grandeza para efeitos de medição ou monitorização.

Contudo, esta tecnologia também apresenta diversos desafios relativos à sustentabilidade, privacidade e ética. Este trabalho pretende inferir como o conceito de computação sustentável pode ser aplicado a esta área para diminuir o seu impacto ambiental, bem como questões éticas e de privacidade relativas ao levantamento e uso de dados. Para isto, é feita uma análise a ambos os temas, sobre os principais aspetos definidores, como estes estão presentes no mundo real, tal como aspetos positivos e negativos de cada tópico.

2 Métodos

2.1 Critérios de elegibilidade

Foram selecionados artigos e estudos em inglês, que contenham conteúdos que se insiram no tema do trabalho e com um número considerável de referências na comunidade científica.

2.2 Fontes de informação

Para a coleção de estudos foram utilizadas as seguintes fontes de informação: *Google Scholar*, *Springer*, *ScienceDirect* e *IEEE Xplore*.

2.3 Termos de pesquisa

Os termos de procura utilizados foram os seguintes: "*Sensing*", "*Green Computing*", "*Privacy*", "*Ethical questions*".

2.4 Processo de coleta de dados

Os dados recolhidos dos vários artigos abordam temas como a computação sustentável, casos de uso de sensores na vida real e discussões sobre o uso ético desta tecnologia.

3 Computação Sustentável

A computação sustentável é um tema muito importante no que toca à preservação do meio ambiente, sendo que a área da sensorização também pode beneficiar deste pensamento.

Com a utilização de sensores é possível efetuar a recolha de dados de diferentes ambientes, como por exemplo de uma cidade ou de uma floresta. Desta forma, a sensorização permite a medição de várias métricas, tais como a temperatura, humidade, pressão atmosférica, qualidade do ar e presença de poluentes, entre outras. Efetuada a recolha destas métricas, estas podem ser enviadas para uma central de monitorização que seja capaz de analisar e interpretar estes dados para tomar decisões mais sustentáveis.

Sendo assim, é possível utilizar a área da sensorização na recolha de informações, para que sejam tomadas decisões sustentáveis com base nelas. Por outro lado, a computação sustentável também pode ser adaptada no âmbito da sensorização ao ajudar a reduzir o consumo energético, e respetivo impacto ambiental, dos sensores utilizados para a recolha de dados.

Hoje em dia, a área da sensorização já toma em conta estes ideais da sustentabilidade, desde a utilização de tecnologias que permitam diminuir a pegada ecológica destes sensores, até à reutilização de dados colecionados por sensores.

Em resumo, a computação sustentável é aplicável na sensorização em várias áreas, como por exemplo para a preservação do meio ambiente. Com a utilização de tecnologias de baixo consumo de energia, reutilização de dados e outras estratégias sustentáveis, a sensorização pode ser uma ferramenta importante para monitorizar e preservar ecossistemas e reduzir o impacto ambiental.

3.1 Aplicações na vida real

O conceito de computação sustentável, também conhecido como *green computing* [1], refere-se à utilização da tecnologia de forma responsável e consciente em relação ao impacto ambiental e social. Ou seja, envolve todo o processo de desenvolvimento de soluções tecnológicas que possam ser utilizadas para a captura de métricas ambientais para a tomada de decisões sustentáveis, até à consideração da eficiência energética, o uso de recursos renováveis e a reutilização de dados neste campo.

Dito isto, *green computing* é um conceito presente na área da sensorização, e também, no nosso dia-a-dia mediante diversas formas e aplicações, nomeadamente: através de eficiência energética, compressão de dados, computação em nuvem, materiais sustentáveis, reciclagem e eliminação de sensores.

Este capítulo analisa como é possível ter uma ideologia sustentável no campo da sensorização, sendo que são abordados casos reais de métodos utilizados para implementar esta estratégias neste âmbito.

Sensorização na base de decisões sustentáveis A utilização de sensores para tomar decisões ambientais é uma das formas mais eficazes de promover a sustentabilidade e a preservação do meio ambiente, através da sensorização. Os sensores podem ser utilizados para recolher dados sobre, por exemplo, a qualidade do ar, da água e do solo, e outras variáveis ambientais, permitindo que decisões informadas sejam tomadas para proteger o meio ambiente.

Atualmente, existem muitos exemplos da utilização de sensores para a obtenção de dados que ajudem na tomada de decisões sustentáveis. Por exemplo, existem cidades que utilizam sensores para captar dados relativos à qualidade do ar [2], que depois permitem a tomada de decisões sobre temas como a poluição do ar.

Outro exemplo da utilização da sensorização para este fim, é o uso de sensores que recolhem dados sobre a camada de ozono [3]. Estes sensores colecionam dados sobre poluição na atmosfera e que tratados e interpretados podem fornecer conclusões sobre o respetivo impacto desta poluição na camada de ozono. Com o conhecimento do impacto, é possível tomar escolhas sustentáveis para a proteção desta.

Como é possível perceber, a coleção destes dados pode ser utilizada pelas autoridades competentes para tomar decisões informadas sobre políticas públicas e decisões ambientais para, por exemplo, reduzir a poluição do ar, como a implementação de zonas de baixa emissão ou a promoção do uso de transportes públicos.

Em suma, a utilização de sensores para tomar decisões ambientais é uma das formas mais importantes de promover a sustentabilidade e a preservação do meio ambiente no campo da sensorização. Através da recolha de dados, é possível tomar medidas preventivas e implementar políticas públicas mais eficazes para proteger o meio ambiente.

Componentes sustentáveis e redução do consumo de energia em sensores A utilização de componentes sustentáveis e recicláveis na construção de

sensores é uma das formas mais importantes de promover a computação sustentável na área de sensorização. Esta abordagem envolve a adoção de materiais que possam ser reciclados ou reutilizados na construção dos sensores, reduzindo o impacto ambiental da produção e no descarte dos sensores.

A escolha destes materiais na construção de sensores pode incluir o uso de plásticos biodegradáveis, metais recicláveis e outros materiais orgânicos e naturais. Além disso, a otimização do design dos sensores pode minimizar o consumo de energia e prolongar sua vida útil, reduzindo a necessidade de descartar frequentemente equipamentos.

O artigo [4] discute o desenvolvimento de sensores de humidade impressos em papel e cartão reciclados. Esses sensores são uma excelente ilustração de como esta tecnologia pode ser usada de forma sustentável. Os sensores convencionais são maioritariamente feitos de materiais caros e difíceis de reciclar, o que pode levar à poluição e ao desperdício de recursos naturais. A utilização de materiais reciclados e de baixo custo, como papel e cartão, pode reduzir significativamente a pegada ecológica e o impacto ambiental geral destes sensores.

A utilização de tecnologias que diminuam o consumo de energia dos sensores também é fundamental para seguir uma abordagem verde. Sensores com este tipo recursos [5] permitem a poupança de energia e uma menor utilização de recursos naturais, fatores de grande importância no *green computing*.

Reutilização e compressão de dados A reutilização e compressão de dados também é uma forma de computação verde, visto que pode ser aplicada à sensorização. Partilhar dados e utilizar os mesmos em vários âmbitos, bem como comprimir os dados antes de os transmitir para a nuvem, pode ajudar a reduzir a quantidade de dados que precisam de ser recolhidos, tratados e transmitidos, o que pode levar a um menor consumo de energia e menos requisitos de armazenamento de dados.

A reutilização de dados na área da sensorização refere-se à utilização de dados recolhidos por sensores para fins diferentes dos que foram originalmente recolhidos. Isso pode ser útil para evitar a duplicação de esforços na recolha de dados e também para permitir gerar novas perceções a partir de dados já existentes [6].

Um caso real da reutilização de dados na área da sensorização é o projeto "*Smart Citizen*" [7], que foi desenvolvido na cidade de Barcelona, em Espanha. O objetivo deste projeto é fornecer aos cidadãos um kit de sensorização ambiental, que permite a um cidadão comum recolher dados sobre várias métricas relacionadas com o ambiente na sua área local. Os dados coletados são transmitidos para um banco de dados centralizado, onde qualquer pesquisador ou instituição é capaz de os ver. Estes dados também são utilizados pela própria cidade de Barcelona para tomar decisões relacionadas com o planeamento urbano e o meio ambiente.

Sendo assim, a reutilização e compressão de dados permite que os recursos sejam utilizados de forma mais eficiente e eficaz, o que faz com que não seja

necessária a recolha de dados adicionais, que no fundo, são semelhantes a dados já levantados.

3.2 Benefícios e riscos na aplicação de *green computing*

A computação sustentável e a utilização de sensores são temas importantes no contexto da preservação ambiental e da busca por soluções tecnológicas mais sustentáveis. Embora essas tecnologias ofereçam muitas vantagens e benefícios, elas também apresentam desvantagens e desafios que precisam de ser considerados. Entre as vantagens e benefícios da computação sustentável e da utilização de sensores estão a possibilidade de monitorização ambiental em tempo real, a eficiência energética, a redução de custos e a melhoria da qualidade de vida. No entanto, essas tecnologias também podem exigir investimentos iniciais elevados, apresentar complexidades e desafios técnicos, levantar preocupações com a privacidade e a segurança dos dados coletados e criar uma dependência da tecnologia.

Benefícios Dentro das várias utilidades, a eficiência energética revela-se bastante importante na computação sustentável por ajudar a reduzir o consumo de energia e o impacto ambiental da tecnologia. A utilização de sistemas de controlo de energia e de fontes de energia renovável, por sua vez, pode contribuir para a redução da pegada ecológica. Por outro lado, a redução de custos assume um papel igualmente importante, pois a utilização de sensores pode ajudar a identificar oportunidades para a redução de custos em processos industriais, como a otimização de processos de produção e a manutenção preventiva de equipamentos. Por fim, existe uma melhoria da qualidade de vida devido à sensorização. A utilização de sensores para controlar o tráfego, os níveis de poluição e outros fatores pode ajudar a melhorar a qualidade de vida, por exemplo, nas cidades.

Riscos Por outro lado, a aplicação destas tecnologias também pode gerar problemas. A colheita de dados por sensores pode apresentar um risco à privacidade das pessoas, e só deve ser realizada com o consentimento destas. Apenas assim, é possível existir uma recolha de dados segura e com a confiança dos seus utilizadores. Os dados obtidos também devem ser guardados de forma íntegra e segura, pois caso contrário pode existir o risco de ocorrerem ataques informáticos que exponham estes dados privados.

Quanto à dependência de tecnologia na sensorização, esta recai sobre a vulnerabilidade a falhas e interrupções. Se os sistemas de monitorização e colheita de dados falharem, pode haver perda de informações valiosas e consequentemente uma tomada de decisão inadequada, com impactos negativos no meio ambiente e na sociedade.

A colheita dos dados tem de ser feita e avaliada com qualidade, pois uma má recolha e uma interpretação falaciosa pode levar a decisões ambientais erradas. Deste modo, a tendenciosidade e discriminação presentes nos dados podem ter um impacto significativo nas decisões tomadas.

Também existem aspetos a considerar relativamente à implementação de tecnologias verdes. Um destes é o custo da implementação de projetos sustentáveis. São necessárias infraestruturas adequadas, técnicos qualificados e investimentos financeiros nestes projetos para a efetivar estas propostas.

Outro aspeto negativo relativo à computação sustentável é a obsolescência tecnológica [8]. Isto ocorre quando os equipamentos eletrónicos se tornam obsoletos em relação à tecnologia mais recente. Ao adotar práticas de computação sustentável, é possível que com o avanço da tecnologia os equipamentos utilizados se tornem desatualizados e é necessário recorrer à substituição dos mesmos, o que envolve sempre um custo adicional e o descarte de equipamentos antigos.

Por fim, também é necessário ter em conta o comprometimento do desempenho. A busca por maior eficiência energética das tecnologias verdes pode levar a comprometimentos no desempenho do sistema ou na velocidade de processamento. É importante encontrar um equilíbrio entre a sustentabilidade e a performance para garantir a eficácia das soluções implementadas [9].

4 Privacidade e Questões Éticas

A recolha de dados através de sensores pode levantar questões éticas e de privacidade, sendo que estes temas têm de ser abordados com o seu devido cuidado. Com o potencial de armazenar grandes quantidades de dados sobre as atividades das pessoas é essencial garantir que as informações recolhidas sejam mantidas de forma segura e que não sejam utilizadas para fins maliciosos. Este capítulo procura explorar essas mesmas questões e discutir as implicações éticas e legais da colheita e uso de dados pessoais na área da sensorização.

A utilização de sensores na monitorização da atividade das pessoas num determinado espaço, pode ser vista como uma invasão de privacidade. Com isto, é expectável que as pessoas possam estar preocupadas com a forma de como os seus dados são armazenados e utilizados. Nesse sentido, é crucial que os projetos de sensorização levem em consideração as questões éticas e de privacidade desde o início do seu processo de desenvolvimento. Isto pode incluir a implementação de medidas de segurança para garantir que os dados recolhidos sejam armazenados e transmitidos de forma segura e privada. Também é necessário garantir que as pessoas envolvidas no projeto estejam cientes do modo de como os seus dados estão a ser utilizados e possam optar por permitir a recolha dos seus dados ou não.

Além disso, é fundamental que os dados recolhidos sejam utilizados de forma adequada, respeitando os direitos das pessoas envolvidas e evitando o uso indevido das informações. Isso pode ser feito por meio da criação de políticas claras de utilização de dados e pela garantia de que os dados sejam usados apenas para fins legítimos.

Portanto, a privacidade e as questões éticas devem ser um dos primeiros aspetos a considerar no âmbito do processo de sensorização, desde a recolha de dados até a sua utilização. A implementação de medidas adequadas para

proteger a privacidade e garantir a ética no uso de dados recolhidos é essencial para garantir a confiança do público na tecnologia e na sua aplicação.

4.1 Estudo de casos de sensorização que ignoram questões éticas e de privacidade

Sensorização é um tema cada vez mais presente no quotidiano das pessoas, trazendo consigo uma grande quantidade de dados e informações sobre o comportamento, saúde e meio ambiente. Com a crescente disponibilidade de sensores, dispositivos de internet e tecnologias relacionadas, as possibilidades de monitorização e recolha de dados são enormes. No entanto, isso também traz consigo preocupações significativas de privacidade e questões éticas. Deste modo, com o desenvolvimento tecnológico surgiram novos conceitos e utensílios que colocam em questão a privacidade de cada pessoa e, conseqüentemente, questões éticas. Dispositivos de casas inteligentes, monitorização do ambiente, de saúde pessoal e do tráfego são temas com bastante debate.

Dispositivos de casa inteligente As *smart homes* estão a tornar-se cada vez mais populares em todo o mundo. Estas são projetadas para tornar a vida mais conveniente e fácil para os seus utilizadores, permitindo-lhes controlar vários aspetos das suas casas, como temperatura, iluminação, segurança e entretenimento, usando os seus smartphones ou comandos de voz. No entanto, estes dispositivos também possuem sensores embutidos que recolhem informações sobre o comportamento e atividades dos utilizadores nas suas casas.

Estas informações podem incluir quando alguém entra ou sai de casa, quando as luzes são ligadas ou desligadas e até mesmo como a televisão é utilizada. Estes dados podem ser utilizados pelos fabricantes para melhorar a experiência do utilizador e oferecer serviços personalizados, como recomendações de filmes ou música. No entanto, também podem ter outras finalidades, como rastrear e monitorizar as atividades dos utilizadores, o que pode levantar preocupações sobre privacidade e segurança dos seus dados pessoais. A recolha de dados sobre a rotina diária de uma pessoa pode fornecer informações valiosas sobre a sua vida privada, incluindo quando estão em casa ou fora, quantas pessoas vivem em casa e até mesmo hábitos alimentares e de sono [10].

As câmeras de segurança *Ring* da Amazon [11] são um exemplo de dispositivo de casa inteligente que utiliza sensores para coletar informações sobre as atividades das pessoas em casa. No entanto, a Amazon foi criticada pelas suas práticas de privacidade e segurança. Ela revelou que compartilhava vídeos e informações pessoais de clientes com a polícia sem o conhecimento ou consentimento dos mesmos e sem ser requisitada pelas autoridades. Isto levantou preocupações sobre privacidade e segurança dos dados pessoais de cada cliente. Além disso, a presença de câmaras de segurança em áreas públicas pode ser vista como uma forma de vigilância e controlo social, levantando questões éticas mais amplas sobre liberdades civis e direitos humanos [12].

Monitorização nas redes sociais O uso de sensores para a monitorização de redes sociais tem-se tornado cada vez mais comum em diversas áreas, como marketing, pesquisa de mercado e análise de dados. Estes sensores são capazes de recolher informações sobre as interações das pessoas nas redes sociais, como os *posts* que elas fazem, os *likes* que recebem e os comentários que escrevem [13].

Embora o controlo de redes sociais possa fornecer informações valiosas para empresas e pesquisadores, há preocupações sobre a invasão de privacidade das pessoas. Muitos utilizadores podem não estar cientes de que as suas atividades nas redes sociais estão a ser constantemente monitoradas e podem não ter dado o seu consentimento para isso.

Além disso, há preocupações sobre como essas informações são usadas. As empresas podem utilizar esses dados para promover anúncios ou para influenciar a opinião das pessoas. Isso pode levar a uma manipulação de informações ou a um tratamento desigual de grupos específicos.

Por esses motivos, é importante que as empresas que desejam utilizar sensores para a monitorização de redes sociais estejam cientes das leis e regulamentações aplicáveis à recolha e utilização de dados. Elas devem ter políticas claras de privacidade e de uso de dados e devem obter o consentimento das pessoas antes de obter qualquer informação sobre elas.

Um exemplo de uma ferramenta frequentemente utilizada para a monitorização de redes sociais é o *SocialSentiment.io* [14]. Esta ferramenta utiliza técnicas de processamento de linguagem natural para analisar as interações nas redes sociais em tempo real, incluindo posts, *tweets*, comentários. Com base nessa análise, o *SocialSentiment.io* pode identificar os principais temas de discussão, bem como os sentimentos e opiniões dos utilizadores sobre esses temas. É um utensílio amplamente utilizado por empresas de marketing e publicidade para medir o impacto das suas campanhas nas redes sociais e para obter informações sobre as necessidades e desejos dos seus clientes. No entanto, a sua utilização também levanta preocupações sobre privacidade e segurança dos dados, especialmente no que diz respeito à monitorização dos conteúdos partilhados pelos utilizadores. Por isso, é importante que as empresas que utilizam dispositivos de monitorização de redes sociais como o *SocialSentiment.io* cumpram as leis e regulamentações aplicáveis, de forma a proteger adequadamente a privacidade dos utilizadores.

Com isto, o uso de sensores para a monitorização de redes sociais pode fornecer informações valiosas para empresas e pesquisadores, mas é importante que as empresas tomem precauções para garantir a privacidade das pessoas e o uso ético dessas informações.

Monitorização da saúde pessoal A monitorização da saúde pessoal é um tópico cada vez mais comum, sendo que existem dispositivos que atuam como vestuário, desde relógios inteligentes a roupas, com sensores embutidos. Esses sensores permitem aos utilizadores monitorizarem a sua saúde e atividade física, recolhendo dados como batimentos cardíacos, calorias queimadas, distância percorrida e qualidade do sono. Esses dados podem ser utilizados para ajudar os

utilizadores a acompanhar o seu progresso e a alcançar os seus objetivos de saúde. No entanto, a recolha destes dados pessoais pode levantar preocupações sobre privacidade e segurança dos dados.

O *Apple Watch* [15] é um bom exemplo deste tipo de dispositivos, sendo capaz de monitorizar uma série de dados de saúde em tempo real. O dispositivo utiliza sensores de frequência cardíaca e um acelerómetro para registar a atividade física do utilizador, bem como o nível de movimento e o número de passos diários, sendo que com estes dados é capaz de detetar doenças, como por exemplo, a fibrilhação auricular [16]. Apesar das vantagens de controlar os dados de saúde pessoal, a recolha desses dados também pode levantar preocupações sobre privacidade e segurança. A Apple tem enfrentado críticas pela sua prática de partilha de dados de saúde com terceiros, como provedores de seguros de saúde e instituições de pesquisa médica, sem o consentimento do cliente. Além disso, alguns críticos argumentam que a Apple não fornece aos utilizadores controlo suficiente sobre seus próprios dados de saúde, especialmente em relação aos dados recolhidos por aplicações de terceiros [17].

Monitorização do tráfego A monitorização do tráfego com sensores é uma tecnologia que tem sido cada vez mais utilizada para melhorar a eficiência do transporte e reduzir congestionamentos nas ruas e estradas. Estes sensores podem ser instalados em pontos estratégicos das estradas, como semáforos, pontes e rotundas, para recolher dados sobre o tráfego de veículos e pedestres em tempo real.

Os dados recolhidos pelos sensores podem ser aproveitados para identificar padrões de tráfego, como horários de pico e rotas mais frequentes. Com isto, a monitorização do tráfego pode ser empregue para, por exemplo, ajustar automaticamente os tempos de semáforos, permitindo que o trânsito flua de forma mais eficiente.

Apesar dos benefícios da monitorização do tráfego, a recolha de dados pode levantar preocupações sobre privacidade e segurança dos dados pessoais dos motoristas. Os sensores podem recolher informações sobre o número de veículos numa determinada área, bem como informações sobre localização e velocidade de um veículo, o que pode ser visto como uma violação da privacidade.

Por esta razão, é importante que os dados sejam mantidos em anonimato antes de serem armazenados e analisados, para que não seja possível identificar os motoristas individualmente. Além disso, é fundamental que os dados sejam protegidos por medidas de segurança robustas para impedir o acesso não autorizado ou o uso indevido dos dados pessoais.

O estudo [18] examina a utilização de sensores de tráfego em Seattle em 2014 e as preocupações de privacidade que surgiram a partir da colheita de dados por esses sensores. Os sensores foram instalados nas principais vias da cidade para coletar informações sobre o fluxo de tráfego em tempo real. As informações recolhidas incluem a velocidade do veículo, o tempo de viagem e o número de veículos na estrada. No entanto, os sensores também podiam recolher informações sobre os veículos individuais, como a matrícula do carro, a localização e a direção do

veículo. Isto gerou preocupações de privacidade entre os cidadãos, que temiam que as suas informações pessoais fossem usadas de forma inadequada.

O *Google Maps* é um bom exemplo deste tipo de ferramentas de monitorização de tráfego, sendo capaz de recolher dados sobre o trânsito em tempo real. O serviço utiliza dados de localização de dispositivos móveis e sensores em estradas e pontes para registar o fluxo de tráfego, bem como a velocidade média e os tempos de viagem. Com estes dados, o *Google Maps* é capaz de fornecer informações em tempo real sobre o trânsito e orientar os utilizadores para rotas mais rápidas e eficientes. Apesar das vantagens na monitorização do tráfego, a recolha desses dados também pode levantar preocupações sobre privacidade e segurança. Em 2018, uma investigação da *Associated Press* descobriu que a Google continuava a recolher dados de localização mesmo quando os utilizadores desativavam essa opção nas suas definições de privacidade. O artigo sugere que a empresa pode estar a violar as leis de privacidade de dados em vigor na União Europeia [19].

4.2 Benefícios e riscos do uso de sensores em relação à privacidade dos utilizadores e uso de dados

A sensorização é uma tecnologia que tem sido amplamente utilizada em diversas áreas, tal como supramencionado, sendo que levanta questões éticas e de privacidade que precisam ser abordadas com cuidado. É necessário garantir que os dados recolhidos sejam armazenados e utilizados de forma segura e que sejam respeitados os direitos das pessoas envolvidas. Deste modo, facilmente deparamos-nos com uma faca de dois gumes, de um lado temos vários benefícios e utilidades, mas por outro lado existem percalços e usos indevidos desta tecnologia.

Benefícios A utilização de sensores pode trazer vários benefícios, principalmente na monitorização e acompanhamento das atividades das pessoas em espaços específicos. Do mesmo modo, a abordagem cuidadosa de questões éticas e de privacidade pode ajudar a aumentar a confiança do público na tecnologia e na sua aplicação.

A implementação de medidas de segurança adequadas é essencial para garantir a privacidade e a segurança dos dados recolhidos, prevenindo o uso indevido das informações. Por fim, a criação de políticas claras de utilização de dados pode ajudar a garantir que as informações são usadas apenas para fins legítimos, evitando possíveis abusos.

Riscos Em contrapartida ao mencionado anteriormente, a recolha de dados através de sensores pode levantar questões éticas e de privacidade, o que pode levar à preocupação das pessoas sobre a forma como os seus dados são armazenados e utilizados. A falta de medidas adequadas para proteger a privacidade e garantir a ética no uso de dados recolhidos pode levar à perda de confiança do público na tecnologia e na sua aplicação. [20]

Quando o uso dos dados não é feito com as melhores intenções, estes podem ser utilizados para vigilância ou controlo social, como monitorizar as atividades de grupos específicos de pessoas ou limitar a liberdade de expressão. Estes dados podem também ser vendidos ou partilhados com outras empresas ou organizações sem o conhecimento ou consentimento das pessoas envolvidas. Por outro lado, há possibilidade de haver um uso indevido de informações pessoais para fins de marketing ou publicidade invasiva.

5 Conclusões

Os temas abordados neste artigo apresentam um grande potencial para a solução de problemas ambientais, mas também levantam questões éticas importantes. Logo é possível concluir que estes temas tem um certo grau de relação quando aplicados à área da sensorização. O uso de sensores em larga escala é capaz de efetuar o levantamento uma grande quantidade de dados pessoais e ambientais, o que pode gerar preocupações sobre privacidade e segurança.

Com a utilização de sensores é possível tomar decisões sustentáveis, sendo que também é possível aplicar o conceito de computação sustentável à área da sensorização, como visto ao longo deste trabalho prático, através do uso de componentes sustentáveis e redução do consumo de energia em sensores até à reutilização e compressão de dados recolhidos pelos mesmos.

Nesse contexto, é fundamental que as tecnologias de computação sustentável e a utilização de sensores sejam projetadas e implementadas de forma ética e responsável. Isto inclui a consideração de questões como transparência, equidade, responsabilidade social e privacidade.

Em conclusão, o trabalho abordou duas questões fundamentais da atualidade: a computação sustentável e a privacidade e questões éticas na área da sensorização. Ambas as questões têm um impacto significativo na sociedade e no meio ambiente e estão interligadas de várias maneiras.

A computação sustentável procura minimizar o impacto ambiental da tecnologia de sensorização, incluindo a gestão eficiente de recursos e a redução do desperdício de equipamentos eletrónicos. Já a privacidade e as questões éticas estão relacionadas ao uso de dados, proteção da privacidade e proteção dos direitos individuais.

Ao longo do relatório, foram apresentados exemplos de como essas duas questões estão interligadas e como podem afetar a sociedade e o meio ambiente. Também foi destacada a importância da adoção de práticas sustentáveis e éticas na criação e implementação de tecnologias de sensorização.

Portanto, é fundamental que empresas, governos e pessoas em geral tomem em consideração a computação sustentável e as questões éticas e de privacidade ao utilizar estas ferramentas. Desta forma, será possível garantir um futuro mais sustentável e equilibrado para todos.

References

1. Kurp, P.: Green computing. *Communications of the ACM*, vol. 51(10), pp. 11–13, (2008). <https://doi.org/10.1145/1400181.1400186>
2. Kumar, P., Morawska, L., Martani, C., Biskos, G., Neophytou, M., Di Sabatino, S., Bell, M., Norford, L., Britter, R.: The rise of low-cost sensing for managing air pollution in cities. *Environment international*, vol. 75, pp. 199–205, (2015).
3. Varotsos, C.: Atmospheric pollution and remote sensing: implications for the southern hemisphere ozone hole split in 2002 and the northern mid-latitude ozone trend. *Advances in Space Research*, vol. 33(3), pp. 249–253, (2004). [https://doi.org/10.1016/S0273-1177\(03\)00473-3](https://doi.org/10.1016/S0273-1177(03)00473-3)
4. Mraović, M., Muck, T., Pivar, M., Trontelj, J., Pleteršek, A.: Humidity Sensors Printed on Recycled Paper and Cardboard. *Sensors*, vol. 14(8), pp. 13628–13643, (2014). <https://doi.org/10.3390/s140813628>
5. Garg, V., Bansal, N. K.: Smart occupancy sensors to reduce energy consumption. *Energy and Buildings*, vol. 32(1), pp. 81–87, (2000). [https://doi.org/10.1016/S0378-7788\(99\)00040-7](https://doi.org/10.1016/S0378-7788(99)00040-7)
6. Wallis, J. C., Rolando, E., Borgman, C. L.: If We Share Data, Will Anyone Use Them? Data Sharing and Reuse in the Long Tail of Science and Technology. *PLOS ONE*, vol. 8(7), (2013). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0067332>
7. Smart Citizen, <https://fablabbcn.org/projects/smart-citizen>. Last accessed 23 Mar 2023
8. Ma, S.: Technological obsolescence. National Bureau of Economic Research, (2021). <https://doi.org/10.3386/w29504>
9. Finding the perfect balance between sustainability and performance, <https://www.intelligentcio.com/eu/2021/03/12/finding-the-perfect-balance-between-sustainability-and-performance/>. Last accessed 12 Apr 2023
10. Townsend, D., Knoefel, F., Goubran, R.: Privacy versus autonomy: a tradeoff model for smart home monitoring technologies. In 2011 Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (pp. 4749–4752, (2011). <https://doi.org/10.1109/IEMBS.2011.6091176>
11. Amazon Ring, <https://www.amazon.com/stores/Ring/Ring/page/77B53039-540E-4816-BABB-49AA21285FCF>. Last accessed 23 Mar 2023
12. Selinger, E., Durant, D.: Amazon’s ring: surveillance as a slippery slope service. *Science as Culture*, vol. 31(1), pp. 92–106, (2022). <https://doi.org/10.1080/09505431.2021.1983797>
13. Aggarwal, C. C., Abdelzaher, T.: Integrating sensors and social networks. *Social network data analytics*, pp. 379–412, (2011).
14. SocialSentiment.io, <https://socialsentiment.io/>. Last accessed 12 Apr 2023
15. Apple Watch, <https://www.apple.com/pt/watch/>. Last accessed 23 Mar 2023
16. Marcus, G. M.: The Apple Watch can detect atrial fibrillation: so what now?. *Nat Rev Cardiol*, vol. 17, pp. 135–136, (2020). <https://doi.org/10.1038/s41569-019-0330-y>
17. Arnow, G.: Apple watch-ing you: Why wearable technology should be federally regulated. *Loy. LAL Rev.*, vol. 49, pp. 607–634, (2016).
18. Martinez-Balleste, A., Perez-martinez, P. A., Solanas A.: The pursuit of citizens’ privacy: a privacy-aware smart city is possible. in *IEEE Communications Magazine*, vol. 51, pp. 136–141, (2013). <https://doi.org/10.1109/MCOM.2013.6525606>
19. AP Exclusive: Google tracks your movements, like it or not, <https://apnews.com/article/north-america-science-technology-business-ap-top-news-828aefab64d4411bac257a07c1af0ecb>. Last accessed 12 Apr 2023

20. Klasnja, P., Consolvo, S., Choudhury, T., Beckwith, R., Hightower, J.: Exploring privacy concerns about personal sensing. In *Pervasive Computing: 7th International Conference, Pervasive 2009, Nara, Japan, Proceedings 7* (pp. 176-183). Springer Berlin Heidelberg, (2009). https://doi.org/10.1007/978-3-642-01516-8_13
21. Arabo, A., Brown, I., El-Mousa, F.: Privacy in the Age of Mobility and Smart Devices in Smart Homes. (2012). <https://doi.org/10.1109/SocialCom-PASSAT.2012.108>
22. Zhang, W., Meng, Y., Liu, Y., Zhang, X., Zhang, Y., Zhu, H.: HoMonit: Monitoring Smart Home Apps from Encrypted Traffic. In *Proceedings of the 2018 ACM SIGSAC Conference on Computer and Communications Security (CCS '18)*. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, pp. 1074–1088. (2018) <https://doi.org/10.1145/3243734.3243820>
23. Franklin, S. E.: Remote sensing for sustainable forest management. CRC press, (2001).
24. Netzband, M., Stefanov, W. L., Redman, C. (Eds.): Applied remote sensing for urban planning, governance and sustainability. Springer Science & Business Media, (2007).
25. Campbell, J. B., Wynne, R. H.: Introduction to remote sensing. Guilford Press, (2011).
26. Curran, P. J.: Principles of remote sensing. Longman Inc., (1985).
27. Skidmore, A. K., Bijker, W., Schmidt, K., Kumar, L.: Use of remote sensing and GIS for sustainable land management. *ITC journal*, vol. 3(4), pp. 302–315, (1997).
28. Dyo, V., Ellwood, S. A., Macdonald, D. W., Markham, A., Mascolo, C., Pásztor, B., Yousef, K. (2010, November). Evolution and sustainability of a wildlife monitoring sensor network. In *Proceedings of the 8th ACM conference on embedded networked sensor systems*, pp. 127-140, (2010).
29. Kadhim, N., Mourshed, M., Bray, M.: Advances in remote sensing applications for urban sustainability. *Euro-Mediterranean Journal for Environmental Integration*, vol. 1(1), 7, (2016). <https://doi.org/10.1007/s41207-016-0007-4>
30. Bui, A. L., Fonarow, G. C.: Home monitoring for heart failure management. *Journal of the American College of Cardiology*, vol. 59(2), pp. 97–104, (2012). <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2011.09.044>
31. De Silva, L. C., Morikawa, C., Petra, I. M.: State of the art of smart homes. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, vol. 25(7), pp. 1313–1321, (2012). <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2012.05.002>
32. Motti, V. G., Caine, K.: Users' privacy concerns about wearables: impact of form factor, sensors and type of data collected. In *Financial Cryptography and Data Security: FC 2015 International Workshops, BITCOIN, WAHC, and Wearable*, Puerto Rico, pp. 231–244, (2015). <https://doi.org/10.1145/1460412.1460445>
33. Lorincz, J., Capone, A., Wu, J.: Greener, Energy-Efficient and Sustainable Networks: State-Of-The-Art and New Trends. *Sensors*, vol. 19(22), (2019). <https://doi.org/10.3390/s19224864>