

ESTADO DA ARTE

1.1 Principais metodologias

Visto que todas as tecnologias a ser utilizadas não são muito recentes, já existem várias implementações para o problema aqui apresentado, sempre com variantes entre os diversos trabalhos, cada uma delas com as suas vantagens e desvantagens, sendo este capítulo direcionado à enumeração dessas mesmas diferenças de modo a justificar a abordagem que será tomada na implementação da solução apresentada.

Depois de ler vários artigos relacionados, começam a surgir padrões das diferentes metodologias e soluções que são bastante semelhantes entre si, sendo os principais:

1. **Camera vídeo**
2. **Camera vídeo com iluminação artificial**
3. **Ultrassom**
4. **Acelerómetro**

1.1.1 Camera vídeo

No que toca às cameras de vídeo, os trabalhos aqui referidos não são diretamente comparáveis com aquele que será desenvolvido e aqui apresentado, uma vez que utiliza uma tecnologia para a deteção e reconhecimento dos buracos bastante diferente da que será aqui utilizada, embora a parte da comunicação de alguns casos seja interessante e poderá propor uma abordagem semelhante ao assunto. Dos artigos disponíveis, três são aqueles que mostram abordagens mais interessantes, sendo que apresentam soluções diferentes. Em Zhang et al. 2014 e Chan et al. 2014 são utilizadas duas cameras e apresentados

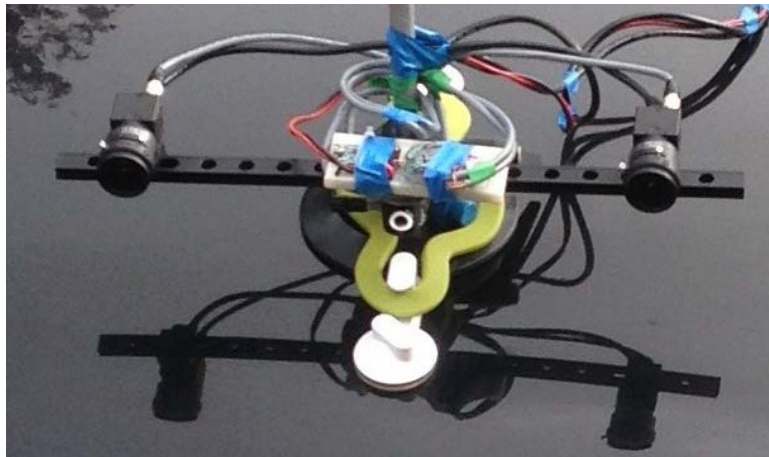


Figura 1.1: Montagem com duas cameras

algoritmos muito semelhantes e com resultados bastante positivos, sendo possível determinar uma relação entre estes trabalhos devido às várias colaborações já existentes entre os autores. Numa solução diferente, em Moazzam et al. 2013 é descrito um processo de detecção de buracos utilizando um sensor Kinect ¹ que só tem uma camera mas tem um sensor de infravermelhos para determinar a distância a que se encontra de um objeto. Esta solução tem resultados semelhantes aos de Zhang et al. 2014 e Chan et al. 2014 e para a sua implementação são necessários menos cálculos, uma vez que o software Kinect o faz de origem. Além disso, embora não seja apresentado, é de esperar que esta opção seja menos dispendiosa que as restantes.

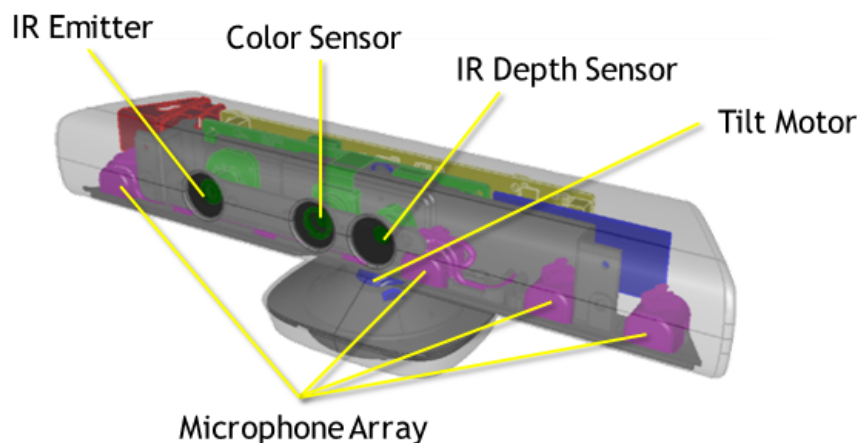


Figura 1.2: Sensor Kinect

1.1.2 Camera vídeo com iluminação artificial

Apesar dos artigos apresentados nesta secção utilizarem também cameras, é interessante separá-los dos anteriores uma vez que a detecção dos buracos é feita de forma diferente,

¹<https://developer.microsoft.com/en-us/windows/kinect>

consoante a passagem pelo próprio buraco. Em Yu e Salari 2011 e He et al. 2011 são projetadas linhas vermelhas no solo, perpendiculares à estrada, que deixam de ser retas sempre que existe uma perturbação na estrada. À medida que o sistema de deteção avança pela estrada, várias linhas são detetadas e é feito um mapeamento do buraco a analisar. A partir da análise da deformação das várias linhas é possível determinar a profundidade do buraco bem como as suas dimensões reais.

Não serão feitas comparações entre os casos já apresentados pois processamento de imagem não será o método a apresentar neste documento.

1.1.3 Ultrassom

Outra abordagem completamente diferente é a utilização de sensores ultrassom. É uma opção semelhante à que será tomada neste projeto na medida em que é quase obrigatório passar por um buraco para fazer a sua deteção, ao contrário da análise de imagens em que é possível evitá-los. Em Hegde et al. 2015 é mostrado um protótipo que permite a deteção de buracos através da análise do tempo de retorno de um ultrassom emitido e onde são determinados os valores a utilizar. Madli et al. 2015 é um projeto mais elaborado, em que uma montagem semelhante é utilizada num veículo e o conceito é testado em estradas reais. É possível elaborar uma relação entre os dois projetos em que Hegde et al. 2015 é um protótipo para Madli et al. 2015 visto existirem autores comuns a ambos e as suas referências se cruzarem.



Figura 1.3: Sensor Ultrassom

1.1.4 Acelerómetro

Esta será a abordagem a ser utilizada e aquela em que os artigos analisados se mostram mais relevantes, devido à semelhança com o projeto que se pretende desenvolver. Em Mednis et al. 2011 é utilizado o acelerómetro do telefone e são apresentados vários algoritmos para a determinação do que é ou não um buraco na estrada. São também feitas

algumas comparações sobre os resultados que diferentes telefones apresentam, dependendo do seu acelerómetro. No que diz respeito a Fouad et al. 2014, é um documento semelhante ao anterior mas adiciona um giroscópio para melhor deteção de buracos. Embora os resultados apresentados sejam bons, terá que ser tido em conta o processamento extra necessário para a utilização dos dados do giroscópio que não parece adicionar muito mais sensibilidade ao sistema. Em Chen et al. 2011 foi criado um elemento que contém GPS e acelerómetro e ainda um microprocessador para processar os dados adquiridos. É um sistema muito bem construído e que apresenta vários resultados em estradas de diferentes condições mas poderá ser mais caro do que o pretendido desenvolver neste projeto. No artigo apresentado em Jang et al. 2015 é apresentada a comunicação entre vários veículos quanto à sua deteção de buracos. É uma ideia que poderá vir a ser implementada neste trabalho pelo que foi considerado um artigo bastante importante, apesar dos resultados apresentados serem relativos à comunicação e não à deteção dos buracos especificamente. Por fim, é ainda de salientar o trabalho em Kattan e Aboalmaaly 2014 que apresenta uma metodologia semelhante à desejada tomar no que diz respeito à comunicação com uma base de dados mas com pouco desenvolvimento e uma curta fase de testes, pelo que será possível considerar que o trabalho a desenvolver será uma continuação deste.

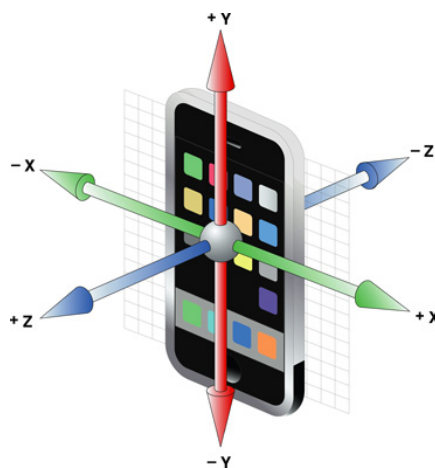


Figura 1.4: Direção dos eixos de um acelerómetro

1.2 Comparação de resultados

Comparando todos os artigos apresentados, é de notar que cada um tem os seus pontos fortes e fracos, como seria de esperar. Para o trabalho que será desenvolvido as qualidades mais importantes a ter em conta são o preço do material utilizado e também o tempo de processamento que o método consome. A tabela 1.1 mostra as características que serão tidas em conta bem como quais as metodologias que as apresentam.

Desta forma, a utilização de um acelerómetro é a mais indicada. Dentro desta metodologia, ainda é possível fazer uma comparação dos vários artigos analisados e tirar algumas conclusões. Os resultados destas comparações são apresentados na tabela 1.2.

Tabela 1.1: Comparação de resultados de artigos

	Qualidade de resultados	Preço de material	Tempo de processamento	Processador já incluído
Camera vídeo	✓	✗	✗	✗
Camera + iluminação	✓	✗	✗	✗
Ultrassom	✓	✓	✓	✗
Acelerômetro	✓	✓	✓	✓

Tabela 1.2: Comparação de resultados com utilização de acelerômetro

	Acelerômetro do telefone	GPS do telefone	Giroscópio do telefone	Processador do telefone	Custos além do telefone
Mednis et al. 2011	✓	✓	✗	✓	✗
Fouad et al. 2014	✓	✓	✓	✓	✗
Chen et al. 2011	✗	✗	✗	✗	✓

Embora os resultados dos trabalhos em que todos os componentes fazem parte do telefone sejam mais promissores em termos do preço dos materiais, a sua viabilidade é mais baixa, uma vez que um sistema que seja para o público em geral necessita de apresentar resultados consistentes, independentemente da situação e se o acelerômetro não estiver sempre no mesmo sítio (neste caso, o telefone) as leituras de cada buraco detetado são alteradas a cada passagem, dependendo do local em que o telefone se encontra, seja no bolso do casaco, no banco do veículo ou no seu *tablier*. A utilização de GPS é obrigatória para que os buracos detetados possam ser localizados, sendo o sensor do telemóvel uma vantagem no que diz respeito aos custos, visto que a sua sensibilidade não necessita ser a mais alta, pois tratam-se de estradas e um erro de 5 metros é aceitável. Desta forma, a solução que será apresentada num projeto futuro terá que contar obrigatoriamente com um smartphone do utilizador, bem como um acelerômetro externo que será fixado no veículo, em princípio no amortecedor, algo que será ainda testado para obtenção de melhores resultados.

BIBLIOGRAFIA

- Chan, C. K., Y. Gao, Z. Zhang e N. Dahnoun (2014). «Implementation and evaluation of a pothole detection system on TI C6678 digital signal processor». Em: *EDERC 2014 - Proceedings of the 6th European Embedded Design in Education and Research Conference*.
- Chen, K., M. Lu, X. Fan, M. Wei e J. Wu (2011). «Road condition monitoring using on-board three-axis accelerometer and GPS sensor». Em: *Proceedings of the 2011 6th International ICST Conference on Communications and Networking in China, CHINACOM 2011*.
- Fouad, M. M., M. A. Mahmood, H. Mahmoud, A. Mohamed e A. E. Hassanien (2014). «Intelligent road surface quality evaluation using rough mereology». Em: *2014 14th International Conference on Hybrid Intelligent Systems*.
- He, Y., J. Wang, H. Qiu, W. Zhang e J. Xie (2011). «A research of pavement potholes detection based on three-dimensional projection transformation». Em: *Proceedings - 4th International Congress on Image and Signal Processing, CISP 2011*.
- Hegde, S., H. Mekali e G. Varaprasad (2015). «Pothole detection and inter vehicular communication». Em: *2014 IEEE International Conference on Vehicular Electronics and Safety, ICVES 2014*.
- Jang, J., A. W. Smyth, Y. Yang e D. Cavalcanti (2015). «Road surface condition monitoring via multiple sensor-equipped vehicles». Em: *2015 IEEE Conference on Computer Communications Workshops (INFOCOM WKSHPS)*.
- Kattan, A. e M. F. Aboalmaaly (2014). «A smartphone-cloud application as an aid for street safety inventory». Em: *Proceedings of the 11th International Conference on Electronics, Computer and Computation, ICECCO 2014*.
- Madli, R., S. Hebbar, P. Pattar e V. Golla (2015). «Automatic Detection and Notification of Potholes and Humps on Roads to Aid Drivers». Em: *IEEE Sensors Journal*.
- Mednis, A., G. Strazdins, R. Zviedris, G. Kanonirs e L. Selavo (2011). «Real time pothole detection using Android smartphones with accelerometers». Em: *2011 International Conference on Distributed Computing in Sensor Systems and Workshops, DCOSS'11*.
- Moazzam, I., K. Kamal, S. Mathavan, S. Usman e M. Rahman (2013). «Metrology and visualization of potholes using the microsoft kinect sensor». Em: *IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, Proceedings, ITSC*.
- Yu, X. e E. Salari (2011). «Pavement pothole detection and severity measurement using laser imaging». Em: *IEEE International Conference on Electro Information Technology*.

BIBLIOGRAFIA

Zhang, Z., X. Ai, C. K. Chan e N. Dahnoun (2014). «An efficient algorithm for pothole detection using stereo vision». Em: *IEEE International Conference on Acoustic, Speech and Signal Processing (ICASSP)*.