

INTERNET DAS COISAS: UMA ESTRATÉGIA DE ORDENAÇÃO A PARTIR DOS MÉTODOS MULTICRITÉRIO

RESUMO

A internet que se conhece hoje tem trazido em seu bojo uma das maiores e mais desafiantes revoluções tecnológicas que afetará todos os processos produtivos. Essa revolução é conhecida como indústria 4.0. Nesse novo conceito, haverá cada vez mais dispositivos inteligentes conectados trocando dados a todo instante. A tecnologia beacon, é um pequeno dispositivo que identifica e comunica-se com *devices*, podendo assim levar informações ou mensagens aos clientes dentro de um espaço físico. Essa solução proporciona uma grande oportunidade de transformação no relacionamento com o cliente em diversos setores, especialmente no varejo, melhorando a experiência do cliente e aumentando a conversão das vendas. O objetivo desse artigo é analisar as características primordiais para um dispositivo beacon e rankear os principais fabricantes desses dispositivos no mercado mundial, utilizando-se os métodos ordinais de Borda, Condorcet e Copeland.

PALAVRAS-CHAVE: Internet das Coisas; Beacons; Métodos Ordinais.

INTRODUÇÃO

O avanço tecnológico e de inovação tem contribuído para o desenvolvimento econômico dos países ao longo das décadas. De certa forma, a inovação tornou-se, para muitas empresas, a principal estratégia competitiva de sobrevivência e de crescimento, além da possibilidade de aproveitar as oportunidades de mercado, gerando vantagens competitivas (PORTER, 1999).

Para Laureth (2014), a Indústria 4.0 está estruturada em sistemas de produção que utilizam tecnologia de ponta no que diz respeito a automação e sistemas inteligentes de comunicação. A Indústria 4.0 se caracteriza por ser uma fábrica inteligente de alta complexidade tecnológica, em que as máquinas, produtos, insumos e clientes estão conectados para monitoramento e tomada de decisões.

A Internet que se conhece hoje atravessa uma de suas maiores e mais desafiantes revoluções tecnológicas, onde haverá cada vez mais objetos e dispositivos inteligentes interconectados trocando dados a todo o instante através da sua interconexão. Este conceito é conhecido como a Internet das Coisas (*Internet of Things - IoT*), esta denominação foi sugerida por Kevin Aston do MIT (*Massachusetts Institute of Technology*) em uma de suas apresentações em 2009.

De todos os dispositivos que podem ter seu impacto nos processos de fabricação ou no conceito da Indústria 4.0, os *beacons* podem ser talvez os menos conhecidos. A tecnologia *beacons*, objeto de estudo do presente artigo, é um pequeno dispositivo que identifica e comunica-se com *devices* utilizando a tecnologia Bluetooth 4.0 *low energy*, podendo assim levar informações ou mensagens aos clientes dentro de um espaço físico. Porém, os *beacons* na indústria estão começando a ganhar espaço e podem representar uma verdadeira revolução no setor.

DESCRIÇÃO DO PROBLEMA E MODELAGEM MATEMÁTICA

Tendo em vista o assunto em tela, essa pesquisa tem como propósito de auxiliar na escolha de fornecedores de dispositivos *beacons* para a Indústria 4.0, a partir do arcabouço metodológico dos métodos de Borda, Condorcet e Copeland.

Para o presente estudo de caso, selecionou-se dez principais fornecedores de dispositivos *beacons* no mercado mundial. Essa seleção foi realizada através de pesquisas nos sites de cada fornecedor.

Para as alternativas de dispositivos *beacons* foram selecionados os seguintes fornecedores: Inovacode; BlueSense Network; Estimote; Taggen; AprilBrother; Kontakt.io, Radius Network, Glimworm Beacons, Roximity e Blue Cats Beacon.

A tabela 1, a seguir, agregou-se uma coluna com o valor unitário do *beacon*, pois alguns fornecedores vendem somente o kit.

TABELA 1 - Valor do kit vs. Valor unitário do Beacon

Fabricante	Beacons Kit (Quant.)	Preço do Kit (R\$)	Preço Unitário (R\$)
Inovacode	1	89,90	89,90
BlueSense Networks	1	71,80	71,80
Estimote	4	212,40	53,10
Taggen	1	123,57	123,57
Aprilbrother	1	40,00	40,00
Kontakt.io	3	226,00	75,33
Radius Network	1	60,00	60,00
Glimworm Beacons	1	124,00	124,00
Roximity	3	452,00	150,66
BlueCats Beacons	3	170,00	56,66

Fonte: Autores (2018)

Os critérios foram selecionados visando às principais características que um dispositivo *beacon* deve possuir, como a durabilidade da bateria, o alcance do dispositivo e o preço unitário. A seguir descreve-se sucintamente a importância de cada critério elencado.

- **Durabilidade da bateria:** A duração da bateria é alta devido ao seu baixo consumo de energia, sendo um fator importante para a viabilidade da utilização desta tecnologia, desta forma não havendo necessidade de manutenção frequente nos dispositivos;
- **Alcance do dispositivo:** Essa funcionalidade pode ser interessante para identificar e monitorar pessoas dentro de uma área pré-delimitada e pode também ser útil no segmento de varejo para acompanhar quanto tempo um consumidor permanece em uma determinada área de uma loja;
- **Preço unitário:** Os *beacons* são econômicos, fáceis de configurar e gerenciar. Os modelos padrão são feitos de plástico e por isso são mais econômicos do que outras tecnologias de ponta.

Na tabela 2, é apresentada a Matriz de Decisão aonde foram inseridas as alternativas de fornecedores mundiais de dispositivos *beacons* e os critérios considerados desejáveis.

TABELA 2 - Dados inseridos Alternativas vs. Critérios.

Alternativas	Critérios		
	Bateria (Anos) MAXIMIZAR	Alcance (m) MAXIMIZAR	Preço unitário (R\$) MINIMIZAR
INOVACODE	5	40	89
BLUESENSE NETWORKS	2	100	71
ESTIMOTE	2	70	53
TAGGEN	3	150	123
APRILBROTHER	5	26	40
KONTAKT.IO	4	70	75
RADIUS NETWORK	3	50	60
GLIMWORM BEACONS	4	50	124
ROXIMITY	2	60	150
BLUECATS BEACONS	1	100	56

Fonte: Autores (2018)

A partir dessa tabela foram gerados três métodos ordinais com os resultados que serão detalhados nos próximos tópicos.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A ordenação das alternativas pelo método de Borda se dá através de ordem decrescente de pontuação (respeitando assim o axioma da totalidade). Apesar da simplicidade do método e da sua diversidade de usos nos mais diferentes contextos, o método viola um dos mais importantes axiomas proposto por Arrow (Arrow & Raynaud, 1986), o da independência em relação às alternativas irrelevantes. Isso reflete que a posição final de duas alternativas não é independente em relação às suas classificações, podendo em alguns casos provocar inversão de ordem.

A partir dos dados inseridos na tabela 2, os seguintes resultados representados na tabela 3, foram gerados pelo método Borda.

TABELA 3 - Resultados gerados pelo Método Borda.

Alternativas	Critérios			Pontuação Total
	Bateria (Anos) <i>MAXIMIZAR</i>	Alcance (m) <i>MAXIMIZAR</i>	Preço unitário (R\$) <i>MINIMIZAR</i>	
INOVACODE	1.5	9	7	17.5
BLUESENSE NETWORKS	8	2.5	5	15.5
ESTIMOTE	8	4.5	2	14.5
TAGGEN	5.5	1	8	14.5
APRILBROTHER	1.5	10	1	12.5
KONTAKT.IO	3.5	4.5	6	14.0
RADIUS NETWORK	5.5	7.5	4	17.0
GLIMWORM BEACONS	3.5	7.5	9	20.0
ROXIMITY	8	6	10	24
BLUECATS BEACONS	10	2.5	3	15.5

Fonte: Autores (2018).

Observa-se de acordo com as posições apresentadas a seguir que, no método de Borda, atribui-se os primeiros lugares às alternativas com menor soma de *scores* de *ranking*.

No caso em questão o *beacon* APRILBROTHER assumiu a primeira posição do *ranking*.

Posições:

- 1ª – APRILBROTHER
- 2ª – KONTAKT.IO
- 3ª – ESTIMOTE e TAGGEN
- 4ª – BLUESENSE NETWORKS e BLUECATS BEACON
- 5ª – RADIUS NETWORK
- 6ª – INOVACODE
- 7ª – GLIMWORM BEACONS
- 8ª – ROXIMITY

O método de Condorcet, considerado precursor da atual escola francesa de multicritério, trabalha com relações de superação. As alternativas são comparadas sempre duas a duas e constrói-se um grafo (Boaventura Neto, 2003) que expressa a relação entre elas. Através da representação da relação de preferência por um grafo, a determinação de alternativas dominantes e dominadas (quando existem) fica bastante facilitada. Quanto existe uma e só uma alternativa dominante, ela é a escolhida.

A partir dos dados inseridos na tabela 2, os seguintes resultados representados na tabela 4, foram gerados pelo método Condorcet.

TABELA 4 - Resultados gerados pelo Método Condorcet.

Alternativas	INOVACODE	BLUESENSE NETWORKS	ESTIMOTE	TAGGEN	APRILBROTHER	KONTAKT.IO	RADIUS NETWORK	GLIMWORM BEACONS	ROXIMITY	BLUECATS BEACONS	Classificação
INOVACODE	0	-1	-1	1	0	-1	-1	1	1	-1	-
BLUESENSE NETWORKS	1	0	0	-1	-1	1	-1	1	1	0	-
ESTIMOTE	1	0	0	-1	-1	0	1	1	1	1	-
TAGGEN	-1	1	1	0	-1	-1	0	1	1	1	-
APRILBROTHER	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	-
KONTAKT.IO	1	-1	0	1	-1	0	1	1	1	-1	-
RADIUS NETWORK	1	1	-1	0	-1	-1	0	0	1	-1	-
GLIMWORM BEACONS	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	1	-1	-
ROXIMITY	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	-1	10ª
BLUECATS BEACONS	1	0	-1	-1	-1	1	1	1	1	0	-

Fonte: Autores (2018).

Para o presente estudo de caso, não se gerou um ranqueamento dos dispositivos *beacons* no método Condorcet, pois esse ciclo de intransitividade ocorreu. Isto significa que o método de Condorcet nem sempre induz uma pré-ordem no conjunto das alternativas.

O método de Copeland é utilizado quando acontecem ciclos de intransitividade. Este método utiliza a mesma matriz de preferências do método de Condorcet para fazer a ordenação das alternativas. Porém, é criada uma coluna a mais onde é calculada a diferença entre as vitórias, representadas pelo número 1, e as derrotas, representadas pelo número -1. A ordenação das alternativas é dada pela ordenação decrescente dessa coluna. É interessante observar que quando não há ciclos de intransitividade no método de Condorcet, os resultados das ordenações são iguais em ambos os métodos.

A partir dos dados inseridos na tabela 2, os seguintes resultados representados na tabela 5, foram gerados pelo método Copeland.

TABELA 5 - Resultados gerados pelo Método Copeland.

Alternativas	INOVACODE	BLUESENSE NETWORKS	ESTIMOTE	TAGGEN	APRILBROTHER	KONTAKT.IO	RADIUS NETWORK	GLIMWORM BEACONS	ROXIMITY	BLUECATS BEACONS	Pontuação Total
INOVACODE	0	-1	-1	1	0	-1	-1	1	1	-1	-2
BLUESENSE NETWORKS	1	0	0	-1	-1	1	-1	1	1	0	1
ESTIMOTE	1	0	0	-1	-1	0	1	1	1	1	3
TAGGEN	-1	1	1	0	-1	-1	0	1	1	1	2
APRILBROTHER	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	8
KONTAKT.IO	1	-1	0	1	-1	0	1	1	1	-1	2
RADIUS NETWORK	1	1	-1	0	-1	-1	0	0	1	-1	-1
GLIMWORM BEACONS	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	0	1	-1	-6
ROXIMITY	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	0	-1	-9
BLUECATS BEACONS	1	0	-1	-1	-1	1	1	1	1	0	2

Fonte: Autores (2018).

Este método gerou as seguintes posições.

Posições:

- 1ª – APRILBROTHER
- 2ª – ESTIMOTE
- 3ª – KONTAKT.IO, TAGGEN e BLUECATS BEACON
- 4ª – BLUESENSE NETWORKS
- 5ª – RADIUS NETWORK
- 6ª – INOVACODE
- 7ª – GLIMWORM BEACONS
- 8ª – ROXIMITY

Concluída as aplicações dos métodos ordinais Borda, Condorcet e Copeland chegou-se as seguintes ordenações apresentadas na tabela 6 a seguir.

TABELA 5 - Resultados Ordenados

BORDA	CONDORCET	COPELAND
APRILBROTHER		APRILBROTHER
KONTAKT.IO		ESTIMOTE
ESTIMOTE e TAGGEN		KONTAKT.IO, TAGGEN e BLUECATS BEACON
BLUESENSE NETWORKS e BLUECATS BEACON	CICLO DE INTRANSITIVIDADE	BLUESENSE NETWORK
RADIUS NETWORK		RADIUS NETWORK
INOVACODE		INOVACODE
GLIMWORM BEACONS		GLIMWORM BEACONS
ROXIMITY		ROXIMITY

Fonte: Autores (2018).

Sendo assim, a partir da aplicação dos respectivos métodos, observa-se que o fabricante APRILBROTHER de dispositivo *beacon* atendendo de forma satisfatória a todos seus requisitos elencados.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo demonstrou como a aplicação dos métodos Borda, Condorcet e Copeland podem facilitar uma tomada de decisão eficiente, considerando todos os critérios e alternativas importantes.

A análise multicritério tem uma ampla gama de aplicação em diversos tipos de situações e, acredita-se que as empresas ainda não utilizam plenamente esta ferramenta que pode ser uma grande aliada estratégica para a implantação da Indústria 4.0 no Brasil.

REFERÊNCIAS

ARROW, K.J.; RAYNAUD, H. **Social choice and multicriterion decision-making**. The MIT Press, London, 1986.
BOAVENTURA NETTO. P. O. **Grafos: Teoria, Modelos, Algoritmos**. Edgard Blücher, São Paulo, Editora Edgard Blücher, 2003.
LAURETH, W. C. **Convergência tecnológica, educação e trabalho: do discurso social global aos desafios regionais**. Revista da ABET, v. 13, n. 2, Julho a Dezembro de 2014.
PORTER, M. **Competição: Estratégias Competitivas Essenciais**, 9a edição, Rio de Janeiro, 1999.