Envirocar visualization exploring an environmental and traffic data set

Rodrigo Claro Zembrzuski
Programa de Pos Graduacao em Ciencia da Computacao
Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS
Porto Alegre, Brasil
Web page: http://inf.ufrgs.br/∼rczembrzuski

***Abstract*—Envirocar eh um projeto que coleta e armazena dados ambientais e dados de trafego de automoveis. Sao dados de sensores implantados dentro dos veiculos que trazem informacoes precisas sobre navegacao dos carros e dados relativos a conservacao do meio-ambiente, como emissao de gas-carbonico e consumo do veiculo.**

Esse artigo tem por objetivo apresentar uma serie de visualizacoes para analise exploratoria desse banco de dados. Com isso, teremos uma intuicao sobre se esse banco de dados pode servir para alguma coisa, ou nao.

***Keywords*-envirocar; smartcars; kibana; geolocation; data visualization;**

I. Introduction

Envirocar eh um projeto da Universidade de Munster. O objetivo do projeto eh oferecer uma plataforma simples para coleta, armazenamento e distribuicao de dados ambientais e dados de logistica de trafego [ref].

A plataforma une dados gerados por sensores comuns, que vem na maioria dos automoveis atuais com sensores de geolocalizacao, presente na maioria dos smartphones. Com isso, cria-se uma base de dados relevante para se medir o fluxo de automoveis nas avenidas e quantidade de emissao de poluentes nas cidades.

A. Motivacao

Um dos grandes desafios da sociedade nos nossos dias eh preservar e desenvolver a mobilidade urbana de maneira sustentavel, isto eh, mitigar o impacto do transporte de passageiros meio-ambiente [ref].

Alem disso, observar padroes de comportamento nos motoristas e nas cidades ao longo do mundo pode ser interessante tanto para ajuda-los em alguma coisa, quanto para ver diferencas culturais de paises e culturas diferrentes evidenciadas no modo em que dirigem.

B. Objetivos

O objetivo desse trabalho eh fazer uma exploracao basica pela base dados para ganhar intuicao sobre ela. Para observar se padroes basicos de comportamento dos usuarios podem ser detectados conforme ideias basicas que se tem sobre isso e, por fim, para saber se a base de dados pode ser utilizada como base para experimentos mais complexos, como treinamento de modelos de aprendizagem para um ganho no mundo relevante, como melhorias no trafego, detecao de anomalias em comportamentos e outras cositas mais.

Contributions: Acredito que esse trabalho possa dar um insight interessante sobre o quao relevante esse dataset pode ser para a observacao de comportamento dos motoristas.

C. Resultados esperados

In order to produce this application, we start with this processing, followed by this technique. In order to cope with this challenge, we introduce this formulation to produce this intermediate result. The formulation leads to this type of system, which is efficiently solved by adapting this technique. The final result is produced by this transform. The whole process is schematized in Fig. **??**.

II. Caracterizacao dos dados

Os dados sao obtidos atraves de sensores comuns em diversos automoveis (OBD-II) e enriquecidos com informacoes de geolocalizacao que estao presentes em smartphones. Para preservar a identidade dos usuarios, suas informacoes pessoais nao sao disponibilizadas e tambem sao retiradas as informacoes dos primeiros e ultimos 200m de deslocamento, com objetivo que o usuario nao seja identificado atraves das informacoes de origem e de destino.

Uma vez que os automoveis estao em deslocamento, suas informacoes mudam rapidamente. Desse modo, informacoes populadas no dataset a cada 2 segundos.

Os dados originais do servidor sao persistidos num banco de dados NoSQL – MongoDB – e oferecidos abertos ao publico atraves de um RESTful web service. Os dados sao oferecidos em um formato JSON, que eh simples de entender e processar.

Para realizacao desse trabalho, foram acessadas as apis rest e persistidas as informacoes de cada deslocamento no banco de dados ElasticSearch, por motivos que serao esclarecidos em seguida.

A. Caracterizao geral dos dados

Cada item do dataset eh composto por dois atributos principais, que sao subdivididos em diversas partes e serao mais detalhados na sequencia: 'properties' e 'features'.

- properties: possui as caracteristicas gerais do veiculo em questao. Esta subdividido nos itens apresentados na tabela 1. Veja um exemplo de propriedades extraido do banco de dados.

TABLE I
PROPERTIES: PROPRIEDADES GERAIS DE CADA VEICULO

Variavel	Descricao
type	categorica
constructionYear	discreta
model	categorica
fuelType	categorica
engineDisplacement	discreta
manufactuerer	categorica

TABLE II
FEATURES: INFORMACOES DE CADA TIMESTAMP DO DESLOCAMENTO

Variavel	Unidade de medida
coordinates	geoespacial
speed	continuo
rpm	continuo
gps accuracy	continuo
maf	continuo
engine load	continuo
gps pdop	continuo
o2 lambda voltage	continuo
throttle position	continuo
consumption	continuo
gps vdop	continuo
gps speed	continuo
gps bearing	continuo
intake pressure	continuo
co2	continuo
time	temporal


```
"properties": {
  "sensor": {
    "type": "car",
    "properties": {
      "constructionYear": 2011,
      "model": "Avensis",
      "fuelType": "gasoline",
      "id": "574e78cbe4b09078f97bbb4a",
      "engineDisplacement": 1800,
      "manufacturer": "Toyota"
    }
}
```


- features: possui as caracteristicas do deslocamento – ou da 'viagem' em si. A viagem eh caracterizada pela composicao, a cada dois segundos, do seguinte conjunto de dados:


```
{
      "geometry": {
        "coordinates": [
          6.443663779195363,
          51.20348336793408
        ],
        "type": "Point"
      },
      "type": "Feature",
      "properties": {
        "phenomenons": {
          "Speed": {
            "value": 34.647194623947144,
            "unit": "km/h"
          },
          "Rpm": {
            "value": 1584.3050694465637,
            "unit": "u/min"
          },
          "GPS Accuracy": {
            "value": 2.999999910593033,
            "unit": "%"
          },
          "MAF": {
            "value": 9.437765815629945,
            "unit": "l/s"
          },
          "Engine Load": {
            "value": 43.96216858346017,
            "unit": "%"
          },
          "GPS PDOP": {
            "value": 1.4999999776482582,
            "unit": "precision"
          },
          "O2 Lambda Voltage": {
            "value": 3.2762881521175586,
            "unit": "V"
          },
          "Throttle Position": {
            "value": 21,
            "unit": "%"
          },
          "Consumption": {
            "value": 3.102402130874109,
            "unit": "l/h"
          },
          "GPS VDOP": {
            "value": 1.1779116287827491,
            "unit": "precision"
          },
          "GPS Speed": {
            "value": 33.47147411240462,
            "unit": "km/h"
          },
          "GPS HDOP": {
            "value": 0.899999986588955,
            "unit": "precision"
          },
          "Intake Pressure": {
            "value": 44.14216932654381,
            "unit": "kPa"
          },
          "GPS Bearing": {
            "value": 304.7174273121018,
            "unit": "deg"
          },
          "Intake Temperature": {
            "value": 13.000000387430191,
            "unit": "c"
          },
          "CO2": {
            "value": 7.290645007554156,
            "unit": "kg/h"
          },
          "O2 Lambda Voltage ER": {
            "value": 0.9988191702782387,
            "unit": "ratio"
          },
          "GPS Altitude": {
            "value": 104.90115790988267,
            "unit": "m"
          }
        },
      "id": "590ad752268d1b08a47f18d4",
```

```
      "time": "2017-03-27T04:51:05Z"
    }
  }
```

B. Questoes a serem respondidas

Existe uma serie de questoes que me vem rah cabeca nesse instante que, inclusive, ja tomei notas.

- quais marcas/modelos consomem mais gasolina?
- quais marcas/modelos poluem mais o meio ambiente?
- qual o perfil de pilotagem de cada automovel?
- muita gente usa esse dataset?
- de que lugares sao as pessoas que utilizam esse sistema? no Brasil, no mundo?
- existe muita gente utilizando esse sistema hoje em dia?
- quais os modelos e fabricantes mais comuns?
- os modelos e fabricantes mais comum na Europa sao os mesmos do Brasil?
- podemos descobrir quais sao as regioes mais poluidas e regioes menos poluidas?
- eh possivel utilizar este dataset para extrair padroes de comportamento de cada usuario?

III. Preparacao dos dados para visualicao

O envirocar eh uma base aberta de dados para quem quiser usar. Simples assim. Entretanto, eles nao colocam seu banco de dados para que seja feito download de forma simples. Eles expoem um servico REST que, de forma simplificada, oferece um acesso facil aos dados.

Para que eu pudesse fazer a visualizacao de maneira geral, primeiramente eu fiz um script que baixava cada uma das viagens para minha maquina e as indexava no elasticsearch. O script rodou por horas, porque eu fiz download de maneira sequencial, ate para nao acocar o servidor dos caras.

A base de dados ate nao eh muito grande. Sao 15 mil viagens, o que nao parece muito. Entretanto, o volume de dados eh relativamente grande, pois para cada viagem, eh enviado para o banco de dados uma serie de informacoes a cada 2 segundos. Entao, embora o numero de viagens seja relativamente pequeno, o tamanho de cada viagem eh grande. Para se ter uma ideia, minha base indexada no elasticsearch ocupou 6 Gb de disco.

Alem disso, para poder facilitar as visualizacoes, eu fiz uma serie de metricas. Por exemplo, para comparar quais carros emitem mais gas carbonito, por exemplo, para cada viagem eu computei a media do gas carbonico emitido naquela viagem, pois a base de dados nao oferece issos. A base de dados oferece uns dados longos e, se eu quiser manter isso no artigo, vou ter que dar um jeito de explicar muito bem, porque ficou uma bosta, no fim das contas.

IV. Tecnica de visualizao desenvolvida

A exploracao dos dados foi feito com com o uso de duas ferramentas: Kibana e R.

Kibana eh uma ferramenta utilizada para nalise por inspecao manual e visualizacao de informacoes que funciona de maneira natural com o ElasticSearch. Dessa forma, eh ela que ira apresentar os dados armazenados no ElasticSearch, em uma interface, via browser, altamente customizvel com histogramas, mapas e outros painis que propiciam uma viso geral sobre os dados. O Kibana possibilita transformar os logs em informaes teis (valor) atravs de Dashboards, pois permite realizar correlao de eventos, filtrar logs por origem, hospedeiros, entre outras combinaes (VAARANDI; NIZINSKI, 2013).

Foi utilizado o ElasticSearch como base primaria dos dados, pois alem do suporte a persistencia, vem junto com uma serie de mecanismos e algoritmos de recuperacao de informacao. A ferramenta permite combinar geolocalizacao com full-text search, structured text, and analytics.

Outras ferramenta para visualizacao de informacoes utilizada foi a linguagem R. A linguagem tambem possui uma variada gama de tecnicas para visualizacao de dados, alem de possuir um suporte muito grande a questoes de estatistica e de probabilidade.

O R nao eh uma ferramenta de tao alto nivel de abstracao quanto o kibana em que, uma vez que os dados estao persistidos, se montam visualizacoes com alguns cliques. Aqui, eh necessario que se escreva codigo para que as visualizacoes aparecam. Os graficos nao aparecem de uma forma tao elegante quanto o elasticsearch, mas possui muito mais flexibilidade, maleabilidade e estensibilidade que o kibana. Alem disso, existe um conjunto muito mais vasto de visualizacoes que o kibana, como boxplots e matrizes de correlacoes.

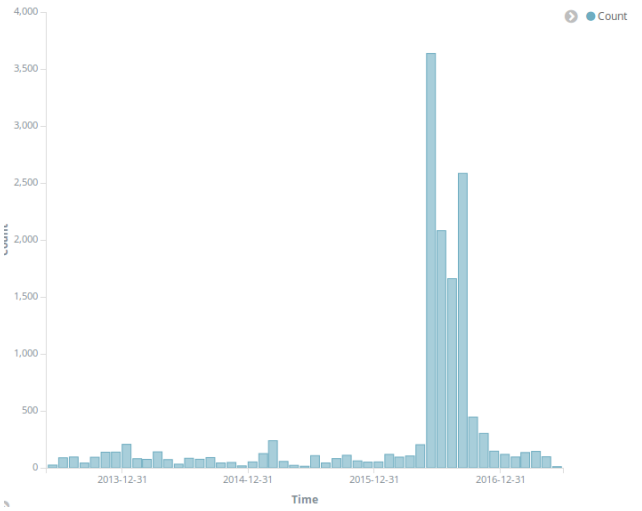
Dessa maneira, a combinacao de ferramentas se fez necessaria, para atingir requisitos um pouco diferentes. Essa combinacao trara uma experiencia legal para o usuario.

A. Histograma

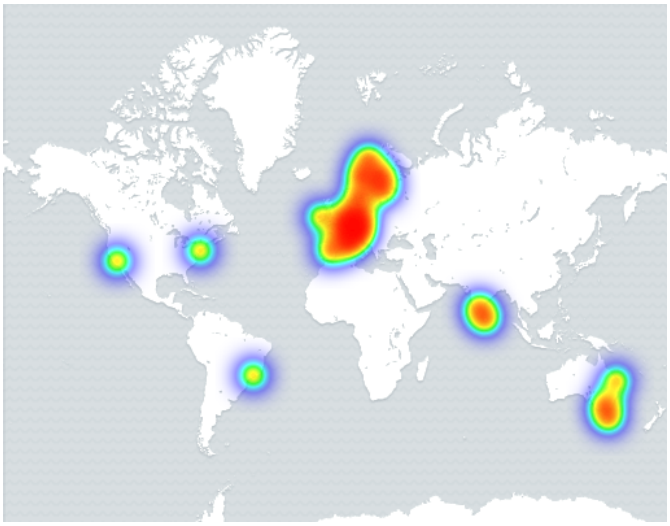
Com o intuito de saber se muita gente utiliza a plataforma envirocar, foi desenvolvido um histograma em que o eixo x corresponde a variavel temporal e o eixo y corresponde a quantidade de viagens naquele periodo de tempo. Com isso, podera ser inferido se bastante gente vem utilizando a ferramenta e, principalmente, se se uso vem crescendo ou decrescendo com o passar do tempo. Eh um estudo de tendencias, portanto.

Pode-se observar o grafico abaixo, que nao existe uma tendencia de aumento ou de diminuicao ao longo do tempo. O que se observa eh um 'boom' de uso no periodo em volta do ano de 2016, mas que nao se mantem no restante do tempo. No periodo de novembro de 2016, por exemplo, tivemos 3600 viagens naquele mes. Mas no inicio de 2017, nao passavam de 100 viagens por mes.

Nao se pode observar, portanto, um uso massivo da plataforma. Entretanto, temos uma amostra que parece razoavel para que se possa tentar responder as outras perguntas do artigo.



No eixo x, observamos a quantidade de uso da plataforma ao longo dos meses.



Aqui, podemos observar que a maioria dos usuarios, de fato, se encontra, na Europa. Contudo, existem pessoas utilizando em diversos outros pontos do globo tambm.

B. *Heatmaps*

Uma vez visualizada a distribuicao temporal da utilizacao da plataforma, ira ser observada a distribuicao geografica dos usuarios. Como ja se sabe que eh uma plataforma desenvolvida na Alemanha, pode-se supor que muita gente na Europa ira utilizar a ferramenta, em relacao as outras regioes do globo.

A visualizacao por calor, utilizando como metrica a quantidade de viagens dispostas no globo terrestre, dara um senso de quais regioes sao mais utilizadas a ferramenta.

Observando o grafico a seguir, observamos aquilo que ja era suposto de antemao: de fato, na Europa, a plataforma eh mais utilizada. Alem disso, conseguimos obter alguns dados que nao eram imaginados. Vemos pontos isolados de uso nos Estados Unidos, Brasil, India e Australia.

Com as informacoes geoespaciais, ganha-se confianca de que poderao ser respondidas outras questoes, como o comportamento dos motoristas em diferentes regioes do globo. Alem disso, pode-se utilizar esse grafico para clusterizar de maneira macro o globo terrestre de acordo com essa base de dados: America do Norte, America do Sul, Europa, India e Australia.

A visualizacao de heatmat traz uma ideia muito clara sobre os pontos que mais utilizam a ferramenta. Traz-nos a ideia de que em diversos pontos do globo ela esta sendo utilizada, com enfase na Europa. Traz confianca de que poderemos observar padroes de comportamento em diversos pontos do globo. Ela traz uma ideia basica, mas nao definitiva, da quantidade de pessoas que utiliza a ferramenta ao longo do globo.

C. *Grafico em pizza*

O heatmap deu uma ideia basica sobre a quantidade de pessoas que utilizam a plataforma ao redor do globo. Entretanto, nao trouxe uma idea definitiva sobre as proporcoes de cada regiao.

Para isso, sera utilizado um grafico em pizza, que traz claramente a ideia de proporcoes ao usuario, ao dispor em fatias cada segmento analizado.

Nesse grafico, sera utilizado o cluster inferido visualmente do heatmatp com as seguintes regioes: Europa, America do Norte, America do Sul, India e Australia.

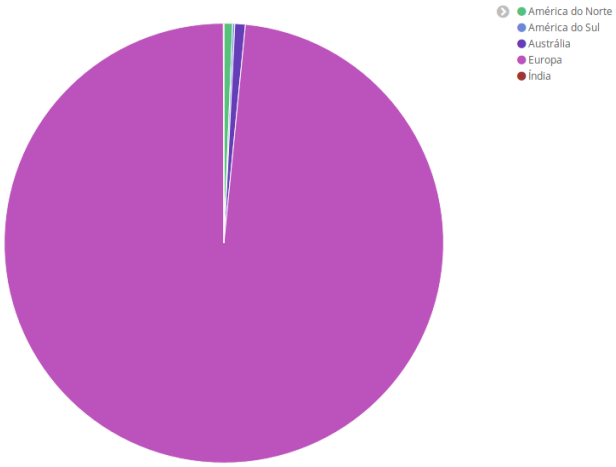
Aqui, pode-se observar a imensa maioria, de fato, utilizando na Europa: 97% dos usuarios esta la. Temos alguma representatividade, com 1% dos Usuarios na America do Norte e 1% na Australia.

Na America do Sul e na India, nao chega a 1% de usuarios. Parece ter sido realmente um usuario curioso que comecou a utilizar a plataforma em sua terra natal.

Essa informacao podera ser utilizada de uma maneira que achei incrivel: para comparacao de dados globais, como estatisticas e tentativas de detecao de comportamento em massa, devera ser dado foco nos usuarios da Europa.

Entretanto, essa falta de representatividade em outras partes do globo podera favorecer um olhar mais individualista. Por exemplo, pode-se acreditar que na America do Sul e na India, eh sempre a mesma pessoa que utiliza a ferramenta. Desse modo, poderemos observar algum comportamento individual. Do mesmo modo pode ser feito na America do Norte e na Australia, com um pouco mais de criterio, pois la houve muito mais uso.

Entretanto, na Europa, nao podemos fazer isso, pois eh muita gente usando. Na Europa, serao feitas analises mais genericas.



98% dos deslocamentos esta na Europa. 1% esta na America do Norte e 1% esta na Australia. Outras regioes sao sao insignificantes, que nem visualizamos no grafico .

D. Graficos em pizza

Observadas algumas questoes temporais e espaciais, irao ser analisados alguns padroes de comportamento em diferentes regioes do globo. Sera utilizado aquele cluster inferido do primeiro heatmap para fazer uma analise sobre quais sao os fabricantes mais utilizados em diferentes partes do globo.

Sobre padroes de comportamento, espera-se verificar se supostos padroes culturais podem de uma determinada regiao do globo pode ser inferida atraves deste banco de dados. Por exemplo, eh verdade que americanos gostam de carros espacosos? Eh verdade que na Europa e Estados Unidos os carros sao muito melhores do que os da America do Sul?

Para responder essa pergunta, algumas visualizacoes foram feitas algumas suposicoes de tecnicas de visualizacao: sunbsurst e nugget.

A tecnica de sunbsurst nao pareceu muito adequada devido a quantidade de informacoes – muito grande para um espaco pequeno – e o biscoito nao transpareceu de maneira clara o que estava sendo perguntado.

Para isso, foi utilizada novamente a tecnica de visualizacao de graficos em pizza. Entretanto, agora, em vez de plotar somente um grafico, o foram plotados 5 graficos em pizza, em que cada pizza corresponde a uma regiao do cluster. Essa visualizacao foi escolhida em detrimento do sunburst pois a segmentacao trouxe mais evidencia para respoder aquilo que estava sendo perguntado. O sunburst trouxe muita informacao em muito pouco espaco fisico, o que pareceu meio confuso.

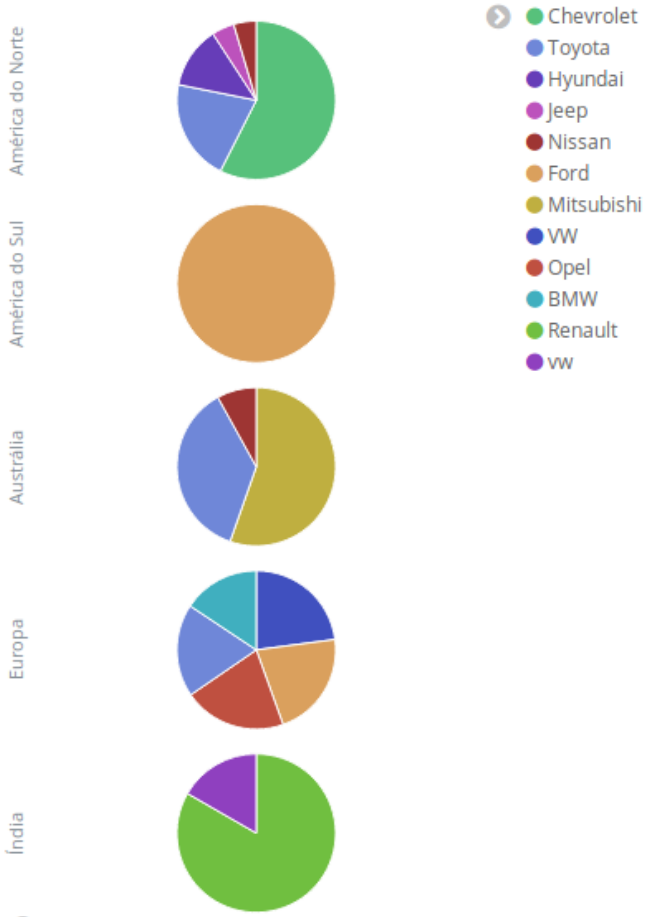
Observando os fabricantes, vemos que as principais marcas na America do Norte, Australia e Europa sao as mesmas.

- America do Norte: Chevrolet, Toyota e Hiunday
- Australia: Ford, Toyota e Opel
- Europa: Toyota, Ford, Opel, VW, BMW

Ja na America do Sul e India, parecem ser regioes mais humildes tambem, pois aqui nao observamos Hiunday e BMW.

- America do Sul: Ford
- India: Renault e VW

Baseado nessa amostra de dados, nao se pode chegar a uma conclusao definiva para as questoes levantadas. A distribuicao entre Europa, Estados Unidos e Australia ficaram razoavelmente parecidas. Ja na America do Sul e India, realmente parecem regioes menos desenvolvidas. Entretanto, a amostra dos dados nao parece ser significativa o suficiente para uma conclusao assertiva. A observacao do grafico parece corroborar a ideia inicial, utilizada para fazer as pergutnas, mas nao ha evidencias que, de fato, elas acontecem.



Estados Unidos e Europa apresentam resultados parecidos. America do Sul supoe que somente um cara utilizou a plataforma.

E. Sunburst

A Sunburst visualization is a radial space-filling visualization technique for displaying tree like structures. There are other space-filling visualization methods that use other visual encodings for describing hierarchies.

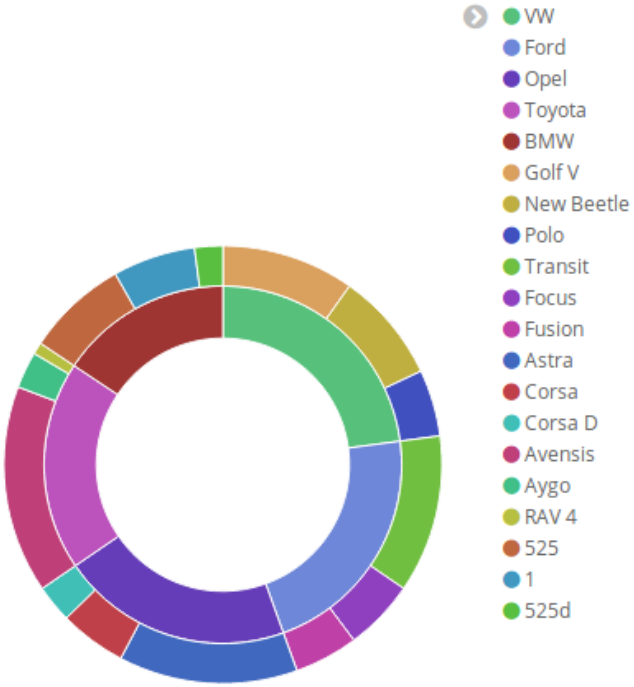
Essa tecnica mostra-se muito adequada para condensar informacoes hierarquicas, como para responder a pergunta: para cada fabricante, qual eh o modelo de automovel mais utilizado.

Como na Europa existe uma amostra muito mais significicativa do que em outras regioes do globo, a pergunta fica limitada a regiao da Europa. Alem disso, para que a visualizacao nao acontecesse de maneira muito confusa, para que ela ficasse clara, foram escolhidos os 5 fabricantes mais utilizados e os 3

modelos mais utilizados por cada fabricante. Se nao houvesse essa limitacao, o grafico ficaria muito poluido, o que gera um desconforto ao usuario.

Esse grafico, novamente, corrobora a intuicao de que na Europa o nivel dos automoveis eh maior do que no Brasil. Observamos que os fabricantes mais comuns la sao os mesmos que os presentes no Brasil. Exceto pela BMW, que muito pouco se observa por aqui, vemos que VW, Ford, Opel (GM) e Toyota sao os mais presentes por la.

A difenca de padrao de veiculos se observa nos modelos mais comuns, uma vez que os fabricantes sao os mesmos. Por exemplo, os modelos mais comuns da VW sao New Beetle, Golf e Polo. Notavelmente, sao veiculos mais sofisticados que os modelos comuns brasileiros. O mesmo se observa nos veiculos da Ford, cujos modelos mais populares sao Transit, Fusion e Focus. Aqui, esses automoveis sao automoveis de elite.



Observamos que as marcas mais comuns na Europa sao as mesmas do brasil, exceto pelo BMW. Nunca vemos BMWs pelo Brasil.

F. Radar

Fiz um grafico de radar, primeiramente, porque achei que era um grafico que eu teria que colocar, devido ao fato de eu ter feito a cadeira de visualizacao de informacoes. Eu deveria, pois, colocar uns graficos avancados, em vez de colocar somente graficos simples e toscos.

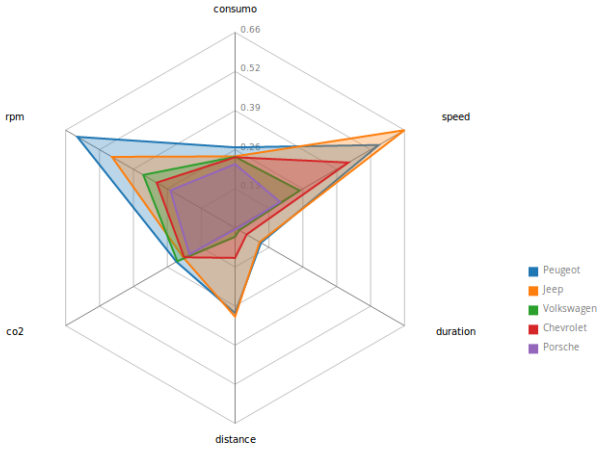
Optei, entao, por fazer uma media dos principais atributos que pude encontrar: co2, rpm, consumo, speed, duration e distance. Entao, calculei a media de cada um desses atributos selecionado por fabricante.

Achei o resultado bastante curioso: Nele se pode observervar que Peugeot eh o carro que normalmente se anda com a rpm mais alta e eh o cara que tem maior consumo, mas nao eh o cara que anda mais rapido.

O cara que anda mais rapido eh o Jeep, e ele consome menos que os Peugeot, normalmente.

Curioso observar tambem, que o Porshe eh a marca que se anda com rpm mais baixa – ao contrario do que normalmente se imagina – e cuja velocidade eh mais baixa tb. Acredito que isso se de porque o Porshe deve ter uma representatividade muito baixa na amostra. Mas o fato eh que os caras de porshe nao andam rapido.

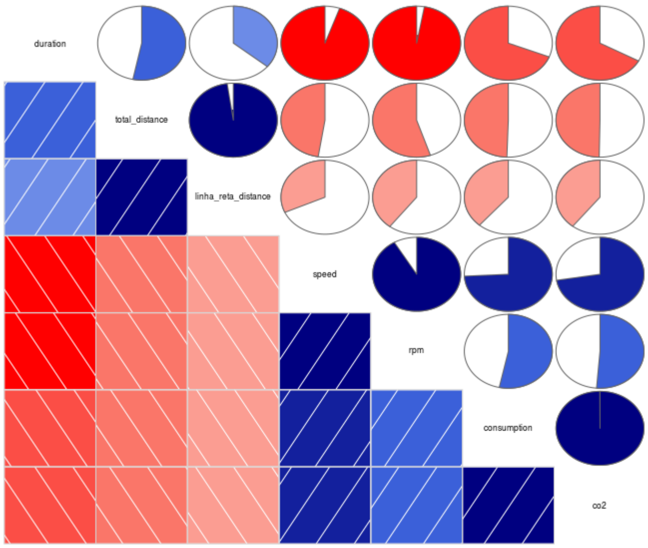
Uma coisa que achei bem interessante eh a chevrolet. Chevrolet parece ser um carro que polui pouco e que anda com a rpm nao muito alta.



Diversos atributos seccionado por fabricante.

G. Matriz de correlacao

Aqui eu resolvi plotar, utilizando R, uma matriz de correlacao para que se possa ver como alguns dos principais atributos medidos pelos sensores se relacionam. Nessa representacao, quanto mais azul e quanto mais cheio esta o circulo superior, maior eh a correlacao entre os atributos. Observamos que quanto maior o consumo de combustivel, maior eh a quantidade de gas carbonico emitido. Observamos tambem que existe grande correlacao entre rpm e velocidade, o que me surpreendeu um pouco, ate. Outra coisa que me surpeendeu um pouco foi que parece nao haver correlacao entre velocidade e duracao de uma viagem. Me surpreendeu porque normalmente eu ando em velocidade mais alta quando faco viagens mais longas. Mas acho que na Europa nao eh assim que acontece. Existem outras coisas que se pode observar por ai tb.



Diversos atributos seccionado por fabricante.

V. Resultados

Achei interessante que na Europa, a Toyota aparece como uma marca comum. BMW segue sendo top por la. Fazer mais resultados. Fazer mais resultados. Fazer mais resultados. Fazer mais resultados. Fazer mais resultados. Fazer mais resultados. Fazer mais resultados. Fazer mais resultados. Fazer mais resultados. Fazer mais resultados. Fazer mais resultados. Fazer mais resultados. Fazer mais resultados. Fazer mais resultados. Fazer mais resultados.

VI. Conclusao

Aqui vai minha conclusao. Aqui vai minha conclusao.

Acknowledgment

The authors would like to thank this colleague and this financing institute.