

## Repositório ISCTE-IUL

---

Deposited in *Repositório ISCTE-IUL*:

2021-06-14

Deposited version:

Accepted Version

Peer-review status of attached file:

Peer-reviewed

Citation for published item:

Laureano, Raul M. S., Laureano, L. & Sanz, A. C. P. (2020). Dashboard to monitor outages in a smart grid. In Álvaro Rocha, Bernabé Escobar Pérez, Francisco Garcia Peñalvo, Maria del Mar Miras, Ramiro Gonçalves (Ed.), 2020 15th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI). Sevilla: IEEE.

Further information on publisher's website:

10.23919/CISTI49556.2020.9140869

Publisher's copyright statement:

This is the peer reviewed version of the following article: Laureano, Raul M. S., Laureano, L. & Sanz, A. C. P. (2020). Dashboard to monitor outages in a smart grid. In Álvaro Rocha, Bernabé Escobar Pérez, Francisco Garcia Peñalvo, Maria del Mar Miras, Ramiro Gonçalves (Ed.), 2020 15th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI). Sevilla: IEEE., which has been published in final form at <https://dx.doi.org/10.23919/CISTI49556.2020.9140869>. This article may be used for non-commercial purposes in accordance with the Publisher's Terms and Conditions for self-archiving.

Use policy

---

Creative Commons CC BY 4.0

The full-text may be used and/or reproduced, and given to third parties in any format or medium, without prior permission or charge, for personal research or study, educational, or not-for-profit purposes provided that:

- a full bibliographic reference is made to the original source
- a link is made to the metadata record in the Repository
- the full-text is not changed in any way

The full-text must not be sold in any format or medium without the formal permission of the copyright holders.

---

# *Dashboard* para monitorizar falhas de energia numa rede elétrica inteligente

## *Dashboard to monitor outages in a smart grid*

Raul M. S. Laureano  
Luís M. S. Laureano

Instituto Universitário de Lisboa (ISCTE-IUL), Lisboa, Portugal  
BRU-IUL e ISTAR-IUL, Lisboa, Portugal  
Av. das Forças Armadas, Lisboa  
1649-026 Lisboa, Portugal  
[raul.laureano@iscte-iul.pt](mailto:raul.laureano@iscte-iul.pt)  
[luis.laureano@iscte-iul.pt](mailto:luis.laureano@iscte-iul.pt)

Andreia C. P. Sanz

Instituto Universitário de Lisboa (ISCTE-IUL), Lisboa, Portugal  
Av. das Forças Armadas, Lisboa  
1649-026 Lisboa, Portugal  
[andreia\\_cristina\\_sanz@iscte-iul.pt](mailto:andreia_cristina_sanz@iscte-iul.pt)

*Resumo* — Com o aparecimento da rede elétrica inteligente e de contadores inteligentes surgiu a necessidade de serem criadas soluções tecnológicas que permitissem aos distribuidores de energia monitorizar os eventos e comunicar com os contadores instalados na rede elétrica. Por esse motivo, e para ajudar à monitorização dos eventos e das comunicações na rede elétrica, mais especificamente as falhas de energia, surge esta investigação que tem como principal objetivo construir um *dashboard* para monitorização de falhas de energia numa rede elétrica inteligente. Para o efeito, selecionou-se uma empresa do setor para aplicar e validar o *dashboard* e adotou-se a metodologia CRISP-DM, focada no negócio e que requer a interação sistemática com especialistas do negócio. Com base na literatura sobre indicadores de desempenho no setor elétrico e *dashboards*, e com várias entrevistas a um especialista, definiram-se, por um lado, métricas e indicadores de desempenho, e, por outro, elementos gráficos a incluir no *dashboard*, adequados aos objetivos e ao problema que o setor enfrenta. Para avaliar a sua utilidade e usabilidade construiu-se um questionário a ser respondido, igualmente, por um especialista. O *dashboard* tático com vista mensal e semanal proposto revelou-se útil e fácil de utilizar. Assim, com esta investigação, as empresas do setor ganham um *dashboard* a ser incorporado nas suas soluções comerciais, para ser utilizada pelos seus clientes. Adicionalmente, dá a conhecer um conjunto de indicadores a monitorizar na área da distribuição de energia e demonstra a adequabilidade da metodologia CRISP-DM para a criação de *dashboards*.

*Palavras-chave:* Monitorização do Desempenho; Dashboards; Indicadores de Desempenho; Falhas de Energia.

*Abstract* — With the appearance of smart grid and smart meters, the need to create technological solutions that allow energy distributors to monitor events and communicate with meters installed in the smart grid, has been increasing. Considering the above, and to help the events monitoring and the communications in the grid, specifically the power failures, this research has as main objective to build a *dashboard* to monitor outages in a smart grid. For this purpose, a specialized company in the electrical sector was selected to apply and validate the *dashboard*. The

CRISP-DM methodology was adopted, and it is focused on the business and require systematic interaction with business experts. Based on the literature about performance indicators in the electrical sector and *dashboards*, and considering several interviews conducted with a specialist, metrics and performance indicators were defined. The graphics to include in the *dashboard* which are appropriate to the objectives and to the problem have also been defined. To evaluate the *dashboard's* usefulness and usability, a questionnaire was drawn up and then applied to a specialist in this area. It was possible to conclude that the tactical *dashboard*, with monthly and weekly views, is useful and easy to use. Thus, with this investigation, the companies win a *dashboard* to be incorporated into their commercial solutions and to be used by their customers. In addition, this *dashboard* presents a set of indicators to be monitored in the sector of energy distribution and demonstrates the suitability of the CRISP-DM methodology for the creation of *dashboards*.

*Keywords* – Performance Monitoring; Dashboards; Outages; Performance Indicators.

### I. INTRODUÇÃO

A energia elétrica é um bem indispensável no dia-a-dia de todos os cidadãos e, por esse motivo, todos se preocupam em ter este bem imaterial disponível todos os dias, não só para utilização doméstica, como também para utilização em contexto profissional e de lazer. De facto, a cadeia de valor da energia elétrica é composta por quatro atividades: produção, transporte, distribuição e comercialização.

No caso particular da distribuição da energia elétrica, e com o crescimento e inovação das tecnologias, surgiram as redes inteligentes. Uma rede inteligente é uma rede elétrica que otimiza a eficiência energética em tempo real entre os distribuidores e os consumidores de energia, através de um conjunto de Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC). Para isso, os tradicionais contadores elétricos têm sido substituídos por contadores inteligentes, que medem o consumo

da energia, armazenam um conjunto de dados e transmitem essa informação ao distribuidor de forma automática. Assim, as interrupções que possam existir na rede são identificadas pelos distribuidores de energia, diminuindo o tempo de resposta a falhas.

Em Portugal, os ganhos na instalação de contadores inteligentes foram evidenciados pelo projeto piloto da EDP Distribuição, em Évora: o Inov Grid [1]. Este projeto consistiu na instalação de trinta mil contadores inteligentes, onde se verificou que os consumidores domésticos em estudo conseguiram uma redução de 3,9% durante três anos consecutivos (entre 2007 e 2010). Note-se que, este projeto mereceu distinção europeia como um projeto de referência do setor, em 2012, colocando a rede elétrica portuguesa na linha da frente da inovação a nível mundial [1].

No mercado existem plataformas integradas responsáveis pela recolha e gestão de dados da energia elétrica e pelo fornecimento de recursos de supervisão. Estas plataformas (que são produtos destinados a clientes ligados ao setor da energia) apresentam uma interface composta por diferentes infraestruturas, tecnologias, protocolos e serviços que permitem gerir e monitorizar as informações dos contadores inteligentes em tempo real e executar serviços que detetam falhas na rede.

Para ajudar os responsáveis pela monitorização a terem a informação pretendida, à distância de um clique e num único ecrã, surge a necessidade de se propor um *dashboard*, para a monitorização de falhas de energia na rede. Um *dashboard* é uma solução que contribui para um rápido e fácil controlo e monitorização dos principais indicadores, uma vez que este tipo de visualização de dados é um ecrã composto pela informação mais importante e necessária para atingir um ou mais objetivos. Esta informação é consolidada e organizada num único ecrã para que possa ser monitorizada em apenas um olhar [2].

Assim, este artigo propõe um *dashboard* como uma ferramenta à monitorização de falhas de energia numa rede elétrica inteligente, enquadrando-se num problema mais vasto da gestão de falhas em empresas do setor da energia, que, por sua vez, se enquadram na atividade de distribuição da cadeia de valor da energia elétrica. Deste modo, têm-se como objetivos: i) definir um conjunto de indicadores de desempenho que ajudem a monitorizar as falhas de energia na rede elétrica; ii) construir um protótipo de *dashboard* para a monitorização de falhas de energia na rede elétrica; e iii) avaliar a utilidade e a usabilidade do *dashboard* proposto na perspetiva do negócio.

Assim, justifica-se, através de uma breve revisão da literatura, a importância da utilização de *dashboards* para a monitorização de falhas de energia numa rede elétrica inteligente. De seguida, considerando a revisão da literatura e com base nas recomendações de um especialista do setor, identificam-se os principais indicadores de desempenho e definem-se os tipos de gráficos mais adequados, para que, no final, seja possível apresentar o *dashboard* proposto, desenvolvido com recurso ao Microsoft Power BI Desktop.

## II. REVISÃO DA LITERATURA

Nos últimos anos as organizações têm optado pela utilização de *dashboards* para melhorarem a tomada de decisão e a forma como a informação é vista [3]. Assim, a seguir, são apresentados

os principais conceitos e características relacionados com a temática dos *dashboards*, nomeadamente, a forma como se monitoriza o desempenho com foco na utilização de uma ferramenta de visualização de dados conhecida por *dashboard*.

### A. *Dashboards* no setor da energia elétrica

A introdução da inteligência nas redes elétricas através da aplicação de TIC levou à existência de redes inteligentes. Com a sua introdução surgiu a necessidade de monitorizar as informações geradas pelos contadores da rede por operadores, em Centros de Controlo de Interrupções (CCI) [4].

Durante uma interrupção na rede elétrica é necessário monitorizar a rede e as demais informações, em tempo real ou quase real, para evitar atrasos nas respostas a essas interrupções. Por esse motivo, as informações de cada interrupção devem ser apresentadas em tempo real, para que os operadores possam estar atualizados e conscientes da situação atual da rede de forma a garantirem operações eficazes [5]. Estar consciente da situação da rede é estar ciente do que está a acontecer e perceber o que essa informação significa e qual o seu impacto no futuro. Esta consciência está, normalmente, associada a um trabalho ou objetivo específico e é aplicada a situações operacionais. A consciência da situação envolve três níveis [5], que se aplicam em qualquer domínio: i) a percepção do meio ambiente; ii) a compreensão do seu significado; e iii) a capacidade de projetar esse entendimento no futuro, para antecipar o que pode acontecer.

As informações apresentadas num CCI devem ser representadas de forma a que as situações críticas se destaquem das restantes, para que os operadores identifiquem rapidamente o estado da rede elétrica nas diferentes zonas e para que seja possível fornecer uma rápida resolução dos problemas identificados. Para isso, é exigido por parte dos especialistas que o *design* dos ecrãs de monitorização seja especializado nesta área, apresentando os indicadores mais importantes de forma clara, concisa, direta e sem distrações. De facto, os indicadores são projetados para suportar a execução das atividades de interrupção; e a apresentação de informação para apoiar a consciência da situação deve suportar os três níveis de consciencialização. A falha em qualquer um desses níveis prejudica a eficácia da representação da informação e reduz o desempenho geral da interrupção [5].

Para entender como a apresentação das informações no CCI afeta o desempenho humano e, portanto, o desempenho geral da interrupção, é necessário perceber como a informação percebida pelo operador adquire significado nas demais situações. Para isso, é necessário compreender que características chamam mais à atenção do operador e quais as melhores formas de representação que contribuem para a perceção da informação.

A experiência em muitas indústrias fornece evidências convincentes de que o *dashboard*, com a informação mais importante e necessária para atingir um ou mais objetivos, consolidada e organizada num único ecrã para que possa ser monitorizada em apenas um olhar [2], é uma das formas mais eficazes de melhorar a consciência da situação porque reduz a complexidade dos dados provenientes de diferentes fontes, integrando-os num único ecrã [5].

## B. Características dos dashboards

Para que a ferramenta de monitorização *dashboard* seja, realmente, a forma mais eficaz para apresentar a informação e identificar potenciais problemas, é necessário ter em conta as seguintes recomendações para a sua construção:

- Ser apresentado num único ecrã e sem *scroll bars* [2];
- Ter a informação mais importante no canto superior esquerdo ou no centro, colocando a restante informação de forma a desenhar um “Z” [6; 7];
- Permitir fazer *drill down* da informação através do clique do rato [2]. Este clique permite obter mais detalhes do objeto selecionado;
- Permitir a aplicação de filtros para consulta de informação de forma condicionada [2; 6];
- Contemplar cores com alto contraste, isto é, atribuir o vermelho a um indicador que seja fulcral na tomada de decisão e um tom mais claro noutro indicador que esteja dentro dos limites definidos [8];
- Utilizar, preferencialmente, a paleta *Brewer* composta por várias combinações de cores e que são compatíveis com as impressões a preto e branco (as cores escuras permanecem escuras e as cores claras permanecem claras) [6]. A cor é uma característica importante porque distingue com clareza as séries de dados e o peso que cada série tem [2];
- Utilizar marcas com uma cor diferente para que uma série de dados sobressaia ainda mais [2];
- Privilegiar mais gráficos do que tabelas, exceto se a série de dados não ficar claramente representada num gráfico. Tudo depende do tipo de dados e da necessidade do utilizador [3; 6];
- Incluir títulos, legendas e *tooltips*. Qualquer *dashboard* deve ter um título e uma pequena descrição do que está a representar porque podem existir outros *dashboards* com *layouts* semelhantes. A utilização de *tooltips* é uma mais valia porque acrescenta pequenas informações adicionais de um determinado elemento (a *tooltip* aparece quando o utilizador passar com o rato por cima do elemento) [6];
- Utilizar sinais de alerta que permitem ao utilizador identificar de imediato os indicadores críticos que precisam de ser controlados. Este tipo de sinalização é feito através de cores [2];
- Inserir a vista configurada no título do *dashboard*. Alternativamente, colocar um filtro que permite escolher o tipo de vista pretendida. É também considerada uma boa prática a inserção da data da última atualização e a fonte dos dados no cabeçalho ou no rodapé do *dashboard* [2; 6].

Deste modo, a utilização de *dashboards* reduz a necessidade do utilizador confiar na sua memória de curto prazo, evita a impressão de informações em papel, reduz a necessidade de

obter informação de outras fontes e permite que o próprio *dashboard* seja uma forma externa de memória [5].

## C. Indicadores do setor da energia elétrica

As interrupções são de natureza quantitativa e podem ser expressas em indicadores de desempenho que são métricas com elevado nível de agregação, que indicam quão bem se está a executar a estratégia do negócio através da associação a uma meta [9] e que indicam o que se tem de fazer para melhorar o desempenho [10]. Existe um tipo de indicador de desempenho conhecido por KPI (*Key Performance Indicator*), e é definido como uma métrica não financeira, medida com frequência e que afeta os fatores críticos de sucesso da organização [9]. É um indicador que indica o que deve ser feito para aumentar o desempenho das atividades e dos processos organizacionais e são monitorizados 24/7, diariamente ou semanalmente [10]. O que distingue uma métrica de um KPI é o facto dos KPI terem uma meta associada e terem como foco o futuro.

Para os distribuidores de energia elétrica, existe um largo conjunto de indicadores utilizados para medir o desempenho [11], sendo os mais utilizados:

- SAIDI (*System Average Interruption Duration Index*): duração média de interrupção para o universo de clientes num determinado período de tempo [12]. É um índice que indica por quanto tempo os clientes foram afetados. Traduz o tempo médio em que o fornecimento de energia é interrompido [13]. Normalmente, este tempo é medido em minutos ou horas [11; 14].
- SAIFI (*System Average Interruption Frequency Index*): número médio de interrupções que um cliente teve num determinado período de tempo [11; 12; 14]. É um índice que indica por quantas falhas de energia cada cliente passou [13].
- CAIDI (*Customer Average Interruption Duration Index*): duração média de interrupção para os clientes interrompidos num determinado período de tempo [12]. É um índice que indica por quanto tempo uma falha de energia durou para os clientes afetados, ou seja, apresenta o tempo médio necessário para repor a energia a esses clientes [11; 14].
- CAIFI (*Customer Average Interruption Duration Index*): número médio de vezes que um cliente foi interrompido [13]. É um índice que indica por quantas falhas de energia cada cliente afetado passou num dado período [11; 14].

Além dos indicadores anteriormente referidos que medem o desempenho da rede, face aos possíveis problemas que possam existir na rede elétrica, existem outros indicadores também importantes de referir: número de clientes que sofreram interrupções [4; 15]; número médio de dias de atraso de uma ordem de trabalho [16]; taxa de falhas do contador [16]; tempo médio de reparação [16]; número de ordens de trabalho pendentes [16]; número de contadores desligados [16]; e número de falhas de energia [16].

### III. METODOLOGIA

Face aos objetivos traçados, este estudo adota a metodologia CRISP-DM (*cross-industry standard process for data mining*) utilizada, principalmente, em projetos de *data mining*. Esta metodologia é composta por seis fases: i) compreensão do negócio; ii) compreensão dos dados; iii) preparação dos dados; iv) modelação; v) avaliação; e vi) implementação [17].

Sendo a metodologia CRISP-DM iterativa e interativa, o sucesso deste projeto requereu a realização de duas iterações. De facto, de acordo com o acompanhamento que ia sendo efetuado ao projeto, por parte de um especialista de negócio, essencialmente através de entrevistas, foi necessário, a certa altura, retroceder a uma fase anterior da metodologia. Para a construção do protótipo de *dashboard* recorreu-se à solução Microsoft Power BI Desktop, uma das soluções líderes do mercado, pela sua interface *user-friendly*, pelo seu *design* apelativo e pela sua simplicidade e eficiência no processamento de uma grande quantidade de dados [18].

Alguns problemas identificados na primeira iteração e que justificaram o desenvolvimento de um segundo *dashboard* são: i) a impossibilidade de visualizar informação de detalhe (*drill down*) e a única vista permitida ser a semanal; a impossibilidade de consultar o número de clientes interrompidos por concelho; iii) a inexistência de metas ou limites para que o utilizador perceba rapidamente qual o posicionamento do valor obtido relativamente à meta ou limite associado; iv) a inexistência de semáforos; e v) a não utilização dos indicadores de desempenho mais utilizados do setor da energia elétrica. Os principais resultados da segunda iteração são apresentados na seção seguinte.

### IV. RESULTADOS DE CADA FASE DO CRISP-DM

#### A. Compreensão do negócio

Em Portugal, é comercializada uma aplicação integrada responsável pela recolha e gestão de dados de energia elétrica e pelo fornecimento de recursos de supervisão das redes elétricas inteligentes [19]. Esta aplicação apresenta uma interface composta por diferentes infraestruturas, tecnologias, protocolos e serviços que permitem gerir os acontecimentos na rede em tempo real e executar serviços que detetam falhas na rede e restabelecem a energia.

As falhas de energia na rede elétrica são registadas na aplicação e os especialistas sentem a necessidade de monitorizar o comportamento da aplicação face aos acontecimentos na rede elétrica. No entanto, não existe uma forma fácil e rápida de fazer este acompanhamento. É necessário semanalmente extrair um conjunto de dados, trabalhá-los, organizá-los e construir gráficos que ajudem a tirar as principais conclusões e tomar melhores decisões com maior qualidade.

Perante esta complexidade e pouca eficiência do processo de monitorização definiu-se como objetivo criar uma ferramenta (um *dashboard*) que, de forma eficiente e eficaz, permita monitorizar a aplicação face ao registo dessas falhas e, assim, prestar um melhor serviço aos consumidores.

#### B. Compreensão e preparação dos dados

A informação a contemplar no *dashboard* teve por base a análise da lista dos indicadores identificados na revisão da literatura e também os resultados de uma entrevista não estruturada a um especialista.

O cálculo dos indicadores a incluir no *dashboard* teve como amostra dados relativos às falhas de energia e às comunicações com os contadores da rede elétrica, reportados a agosto de 2018. A análise dos dados foi realizada com base nos *inputs* recebidos, onde se pôde verificar a inexistência de erros. Após se terem importado os dados para um projeto do Microsoft Power BI Desktop, criaram-se novas tabelas auxiliares para a criação de filtros e finalizou-se o modelo de dados (Figura 1).

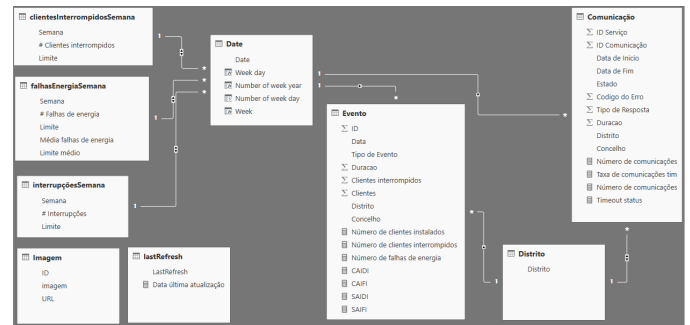


Figura 1: Modelo de dados

Posteriormente, foram escritas as fórmulas DAX para cada indicador selecionado, nomeadamente:

**Número de clientes interrompidos:** `CALCULATE(SUM( eventos[Clientes interrompidos]); eventos[Tipo de Evento] = "Falha de energia")`

**Número de falhas de energia:** `CALCULATE(COUNTA( 'eventos'[Tipo de Evento]); 'eventos'[Tipo de Evento] IN {"Falha de energia"})`

**Número de interrupções:** `CALCULATE(COUNTA( 'eventos'[Tipo de Evento]); 'eventos'[Tipo de Evento] = "Interrupção")`

**Número de comunicações:** `COUNTA('comunicacao'[ID Comunicacao])`

**Número de comunicações timeout:** `CALCULATE( COUNTA('comunicacoes'[Codigo do Erro]); 'comunicacoes'[Codigo do Erro] IN {"ERRO112"}; 'comunicacoes'[Estado] IN {"Comunicacao sem resposta"})`

**Taxa de comunicações timeout:** `DIVIDE([# Comunicacoes timeout]; [# Comunicacoes])`

**CAIFI:** `VAR lista_de_falhas = CALCULATETABLE( eventos; eventos[Tipo de Evento] = "Falha de energia") RETURN DIVIDE(COUNTROWS(lista_de_falhas); SUMX( lista_de_falhas; [Numero de clientes interrompidos]))`

**SAIFI:** `VAR lista_de_falhas = CALCULATETABLE( eventos; eventos[Tipo de Evento] = "Falha de energia") RETURN DIVIDE(SUMX(lista_de_falhas; [Numero de clientes interrompidos]); [# Clientes instalados])`

**CAIDI:**  $VAR\ reestabelecimento\_de\_energia = CALCULATETABLE(eventos;eventos[Tipo\ de\ Evento] = "Reestabelecimento\ de\ energia")\ RETURN\ DIVIDE(SUMX(reestabelecimento\_de\_energia;[Duracao]);SUMX(reestabelecimento\_de\_energia;[Numero\ de\ clientes\ interrompidos]))$

**SAIDI:**  $VAR\ reestabelecimento\_de\_falhas = CALCULATETABLE(eventos;eventos[Tipo\ de\ Evento] = "Reestabelecimento\ de\ energia")\ RETURN\ DIVIDE(SUMX(reestabelecimento\_de\_falhas;[Duracao]);[#\ Clientes])$

### C. Modelação, avaliação e implementação

Além do cálculo dos indicadores também foram discutidos em entrevistas os tipos de gráficos que seriam utilizados no *dashboard*. A Tabela 1 apresenta o tipo de gráfico escolhido e a respetiva fonte que suportou a decisão. O resultado obtido foi um *dashboard* tático mensal (Figura 2) que incorpora a vista

semanal (Figura 3) de um *dashboard* operacional. Os gráficos e filtros apresentados foram escolhidos tendo em conta, essencialmente, a revisão da literatura e as características recomendadas para este tipo de ferramenta e também os *inputs* de um especialista

Tabela 1: Gráficos do dashboard (2ª iteração)

Título do gráfico	Tipo de Gráfico no Power BI	Fonte
Distribuição das falhas de energia	Drilldown Choropleth	[2][5]
Falhas de energia	KPI Indicator	
Clientes interrompidos	KPI Indicator	
Interrupções	KPI Indicator	
Timeouts	Gauge	
Falhas de energia por semana e dia	Line chart	[2][5][6]
Timeouts por semana e dia	Matrix	[2][5]
Média de interrupções por cliente	Line chart	[2][5][6]
Duração média de interrupção (min)	Line chart	

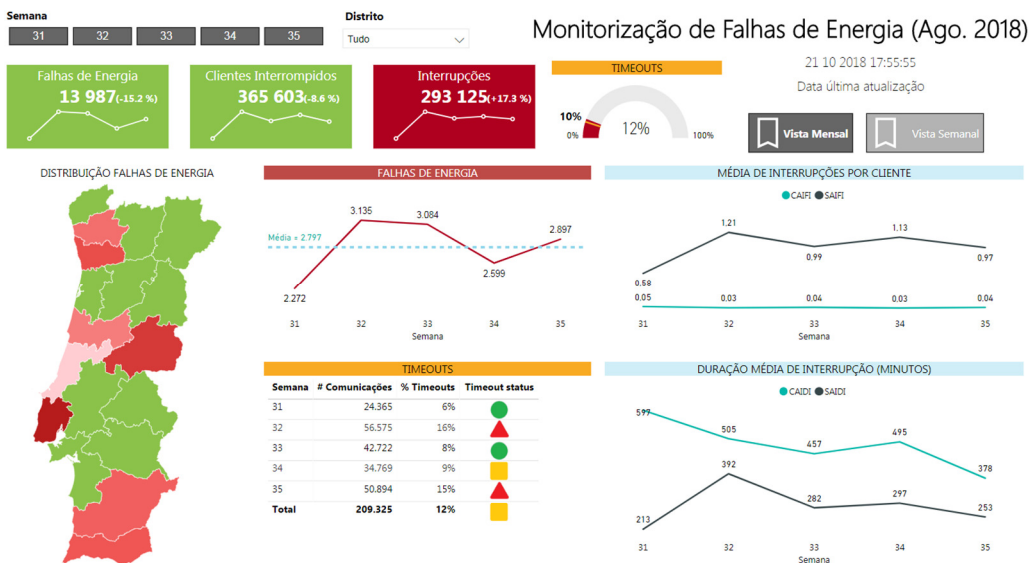


Figura 2: Dashboard mensal "Monitorização de Falhas de Energia" (2ª iteração)

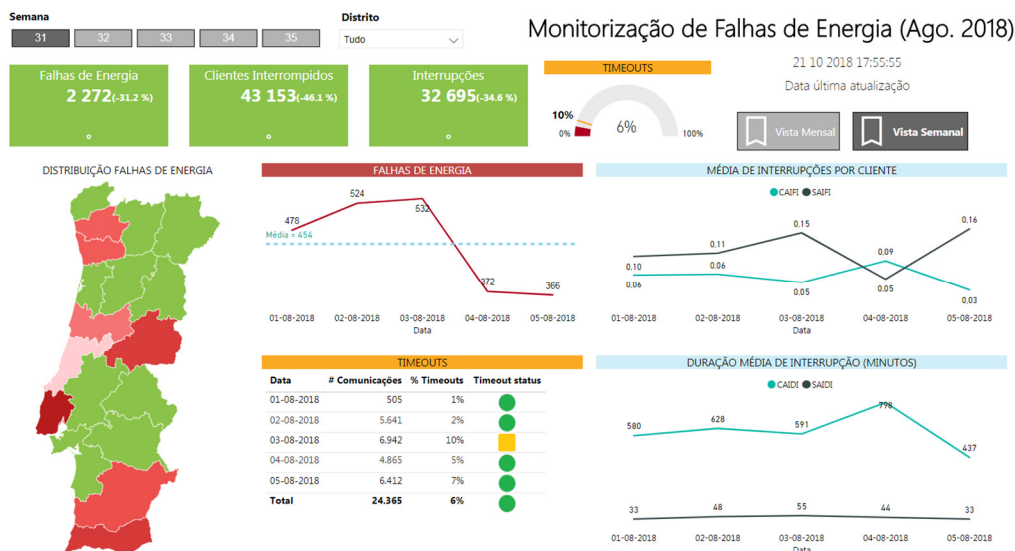


Figura 3: Dashboard semanal "Monitorização de Falhas de Energia" (2ª iteração)

Esta nova versão permite ao utilizador, no papel de supervisor, fazer *drill down* da informação, isto é, monitorizar as falhas de energia na rede elétrica não só por semana, mas também por dia [2] e identificar os períodos mais críticos. Além disso, incorpora a utilização de semáforos, onde a cor apresentada varia consoante o desvio do valor relativamente aos limites definidos. É de realçar que foi utilizado o vermelho para traduzir a presença de problemas e diferentes intensidades para traduzir o respetivo grau de severidade. O verde foi utilizado para representar a ausência de problemas e o azul para transmitir informações. Por fim, a data da última atualização do *dashboard* está presente nesta proposta, assim como a identificação do mês a que dizem respeito as informações apresentadas.

Para se obter uma avaliação, em termos de utilidade e usabilidade, do *dashboard*, construiu-se um questionário a ser respondido pelo especialista [20]. A resposta do especialista no negócio da distribuição da energia leva a concluir, de forma inequívoca, que o *dashboard* (com dois ecrãs) é útil e fácil de utilizar. No entanto, a sua utilidade não é para empresas como a que comercializa a solução, mas sim para os seus clientes, sendo que poderia ser incorporado na aplicação comercializada.

## V. CONCLUSÕES

Esta investigação visa propor uma solução que auxilie na monitorização de falhas de energia numa rede elétrica inteligente. Para o efeito, recorreu-se à metodologia CRISP-DM, metodologia focada no negócio, onde foram registadas duas iterações. Na primeira iteração, criou-se o primeiro *dashboard* operacional, com vista semanal, e na sua avaliação concluiu-se que este não apresentava algumas das características importantes deste tipo de ferramenta de monitorização. Para a segunda iteração ajustou-se o modelo de dados e a amostra, para permitir a consulta da informação por concelho e a apresentação de indicadores de desempenho agregados por semana.

Os indicadores e os gráficos foram revistos juntamente com o especialista e como resultado obteve-se um *dashboard* tático, com vista mensal e semanal, que apresenta a informação mais agregada, permitindo ao utilizador, no papel de supervisor, fazer *drill down* da informação e identificar rapidamente os indicadores de desempenho que estejam fora dos limites definidos. Desta forma, ao construir-se o novo *dashboard*, passando este a ser tático em vez de operacional, como inicialmente se tinha definido, cumpre-se o primeiro e o segundo objetivo desta investigação. Relativamente ao terceiro objetivo, a avaliação do *dashboard* foi positiva, mas concluiu-se que este não é diretamente útil para a empresa alvo do estudo, porque esta “*não presta serviços de operação nesta área*”. No entanto, o *dashboard* proposto pode ser utilizado pelos seus clientes.

A ferramenta de monitorização *dashboard* ajuda a monitorizar as falhas de energia numa rede elétrica inteligente, considerando que permite apresentar a informação de forma rica, simples e direta. Esta solução permite não só monitorizar a informação agregada como também a elementar. Mostrou ser um recurso versátil, na medida em que permite monitorizar a rede elétrica de diferentes formas para diferentes utilizadores, num único ecrã de leitura rápida. Assim, a investigação leva a concluir que não existe um só modelo de *dashboard* correto. Cada *dashboard* deve ser construído tendo em conta não só as necessidades e o objetivo do utilizador, como também o tipo de

setor de atividade. Por outro lado, vem contribuir para a literatura sobre *dashboards* e indicadores de monitorização de falhas no setor da distribuição de energia elétrica. Indiretamente, esta investigação também contribui para a melhoria de outros *dashboards* do setor da energia elétrica e de organizações com atividade semelhante.

## AGRADECIMENTOS

À FCT, pelo apoio no âmbito dos projetos estratégicos UID/GES/00315/2020, UIDB/04466/2020 e UIDP/04466/2020.

## VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] C. Aguiar, Contadores inteligentes chegam a um milhão de casas já em 2017, *Energia Inteligente*, 2017, <http://www.energiainteligente.pt/> [Acedido em 23/Dez/2017].
- [2] S. Few, *Information Dashboard Design - The Effective Visual Communication of Data*, Sebastopol: O'Reilly, 2006.
- [3] O. M. Yigitbasioglu & O. Velcu, “A review of dashboards in performance management: Implications for design and research”, *International Journal of Accounting Information Systems*, vol. 13, no. 1, 2012, pp. 41–59.
- [4] N. Baranovic, P. Andersson, I. Ivanković, K. Žubrinić-Kostović, D. Peharda & J. Larsson, *Experiences from Intelligent Alarm Processing and Decision Support Tools in Smart Grid Transmission Control Centers*, Paris: Cigre, 2016.
- [5] J. Hugo, S. St. Germain, R. Farris, C. Thompson & M. Whitesides, *Design Concepts for an Outage Control Center Information Dashboard*, Idaho: Idaho National Laboratory, 2015.
- [6] G. Firican, “Best Practices for Powerful Dashboards”, *Business Intelligence Journal*, vol. 22, no. 2, 2017, pp. 33–39.
- [7] H. Tokola, C. Gröger, E. Järvenpää & E. Niemi, “Designing Manufacturing Dashboards on the Basis of a Key Performance Indicator Survey”, *Procedia CIRP*, vol. 57, no. 57, 2016, pp. 619–624.
- [8] P. Bera, “How colors in business dashboards affect users’ decision making”, *Communications of the ACM*, vol. 59, no. 4, 2016, pp. 50–57.
- [9] W. W. Eckerson, “How to create effective metrics” em *Performance dashboards: measuring, monitoring, and managing your business*, 2nd ed., W. W. Eckerson, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2015.
- [10] P. David, *Key Performance Indicators-Developing Implementing and Using Winning KPIs*, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2007.
- [11] R. Schuerger, R. Arno & N. Dowling, “Why Existing Utility Metrics Do Not Work for Industrial Reliability Analysis”, *IEEE Transactions on Industry Applications*, vol. 52, no. 4, 2016.
- [12] Y. E. Corporation, *Annual Report: Key Performance Indicators*, Canada: Yukon Energy, 2016.
- [13] M. Komatka, *Distribution of SAIDI and SAIFI indices and the saturation of the MV network with remotely controlled switches*, 18th International Scientific Conference on Electric Power Engineering, 2017.
- [14] IEEE Power & Energy Society, *IEEE Guide for Electric Power Distribution Reliability Indices*, USA: IEEE, 2012.
- [15] DOE, *Fault Location, Isolation, and Service Restoration Technologies Reduce Outage Impact and Duration*, USA: DOE, 2014.
- [16] S. Strategies, *Example KPIs for the Utilities Industry*, Arlington (VA): Spider Strategies, 2017, <https://kpidashboards.com/kpi/industry/utilities/> [Acedido em 23/Dez/2017].
- [17] P. Chapman, J. Clinton, R. Kerber, T. Khabaza, T. Reinartz, C. Shearer & R. Wirth, *CRISP-DM 1.0: Step-by-step data mining guide*, SPSS, 2000.
- [18] Gartner, *Magic Quadrant for Analytics and Business Intelligence Platforms*, Stamford (CT): Gartner, 2018.
- [19] CGI, *Sm@rting: Inteligente o suficiente para aumentar o poder de sua rede?*, Montréal: CGI, 2017, <https://www.cgi.com.pt/solucoes/smartering> [Acedido em 23/Dez/2017].
- [20] C. Wangenheim, A. Borgatto, J. Nunes, T. Lacerda, R. Oliveira, C. Krone, M. Reolon & J. Xafranski, “Sure: uma proposta de questionário e escala para avaliar a usabilidade de aplicações para smartphones pós teste de usabilidade”, *Interaction South America: 6a Conferencia Lationamericana de Diseño de Interacción*, 2014.

