

# **UNA REVISIÓN SOBRE GREEN SOFTWARES BASADOS EN BIG DATA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE SMART CITIES**

\* Vinicius Barreto Klein,\*\* José Leomar Todesco

\* Mestrando em Engenharia e Gestão do Conhecimento - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil, Telefono: (55+48) 37212451 - Email: [vinibk@gmail.com](mailto:vinibk@gmail.com)

\*\* Doutor em Engenharia e Gestão do Conhecimento – Professor Orientador, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil, Telefono: (55+48) 37212451 – Email: [tite@egc.ufsc.br](mailto:tite@egc.ufsc.br)

## **Sub–tema 7**

### **Garantizar la sostenibilidad del medio ambiente.**

## **1 INTRODUCCIÓN**

*Smart cities* se puede definir como una ciudad de tecnología intensiva y avanzada que conecta a las personas, la información y los elementos de la ciudad utilizando las nuevas tecnologías con el fin de crear una ciudad más sostenible, más verde, competitiva e innovadora, y con más calidad de vida (BAKICI; ALMIRALL; WAREHAM, 2013).

Este concepto, buscado y puesto en práctica en algunas ciudades en el mundo, tiene como objetivo desarrollar en los centros urbanos el uso de las TIC (tecnologías de la información y la comunicación) como un medio para mejorar la calidad de vida de las personas de manera sostenible (CARAGLIU;BO;NIJKAMP, 2011).

Centrado en las cuestiones ambientales para las *smart cities*, dos enfoques se destacan en la literatura: el desarrollo de *green software*, que surge de la Ingeniería de Software y las Tecnologías Verdes (de software); y aplicaciones de sensores basados en *big data*, procedentes de la computación contextual y notable (DOBRE y XHAFA, 2013). Ambos los enfoques son complementarios y pueden minimizar el medio ambiente a corto plazo.

Dobre y Xhafa (2013) afirman que los softwares basados en *big data* representan una nueva generación de aplicaciones. Su fuente de datos proviene del fenómeno *big data*, más precisamente teniendo como la principal fuente la Internet de las cosas (*IoT, internet of things*), y tiene la capacidad de actuar con inteligencia, integrados en su contexto. Esto permite la creación de aplicaciones que pueden ser utilizados para una mejor gestión de los recursos naturales (SEN, et al 2012).

Sin embargo, para desarrollar estos softwares, es importante considerar un conjunto de características claves, como la limitación de la capacidad de memoria, de procesamiento y los datos sobre la ubicación donde se inserta el sensor. Además, la Ingeniería de Software ha traído nuevos requisitos para

que sean estudiados, teniendo en cuenta el impacto de la creciente utilización de programas en el medio ambiente. Por lo tanto, este estudio se propone examinar estos dos enfoques, su impacto y beneficios para el medio ambiente en las ciudades.

## 2 OBJETIVO

Revisar los requisitos para el desarrollo y uso de los softwares que generan mejoras en el impacto ambiental de las ciudades, desde la aproximación a las *smart cities / big data* y la Ingeniería de Software.

## 3. MATERIALES Y MÉTODOS

Para Botelho (2012), "la revisión de la literatura es el primer paso en la construcción del conocimiento científico, porque es a través de este proceso que se identifican brechas y oportunidades de investigación." Debido a que es un área relativamente nueva de estudio, se realizó una revisión de la literatura, de manera integrativa.

Este método tiene como objetivo reunir y sintetizar resultados de la investigación sobre un tema o asunto definido de una manera sistemática y ordenada, lo que contribuye a la profundización de conocimientos sobre el tema investigado (MENDES; SILVEIRA; GALVÃO, 2008).

Se realizaron las siguientes etapas en este procedimiento: la elección y definición de tema, los criterios para la categorización de los estudios investigados, búsqueda en bases literarios, análisis e interpretación de los resultados de la muestra, como se muestra en la Figura 1.

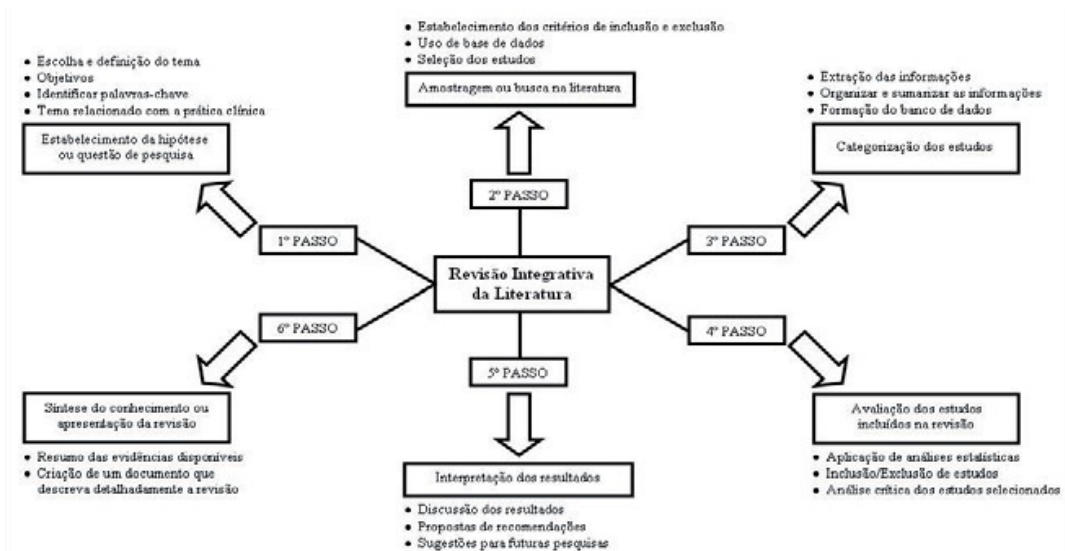


Figura 1 - Revisión integrativa.

Fuente: Mendes, Silveira e Galvão, 2008

Los temas fueron elegidos de acuerdo con su relación con la

sostenibilidad y los conocimientos previo sobre *smart cities* y preocupación ambiental por parte de los investigadores.

Se utilizó como Base de Datos el directorio virtual de la CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), que tiene más de 37.000 publicaciones periódicas, y la selección de otros documentos se hizo de acuerdo con la relevancia científica de estos (SADEH, 2012; BRASIL, 2014).

Se hizo primero una revisión del tema *smart cities*, debido a su preocupación con el medio ambiente, y luego se analizaron cuales son los requisitos de software que estas ciudades deben cumplir.

## **4. RESULTADOS**

En esta sección se describen los resultados de la encuesta. En primer lugar se define el concepto de *smart cities* y su relación con la sostenibilidad, lo que identifica los requisitos de software con un menor impacto ambiental y la forma en que se pueden utilizar en el contexto de las *smart cities*.

### **4.1 Smart cities**

Según Townsend (2013, traducción nuestra), *smart cities* son ciudades que pueden capturar los datos, los convierten en información y adaptan sus acciones en tiempo real.

Caragliu, Bo y Nijkamp (2011) describen una *smart city* como una ciudad donde uno invierte en capital humano y social, utilizando la infraestructura de tecnología de la información para promover el crecimiento económico sostenible y la calidad de vida.

Un trabajo que contribuye lo suficiente a la comprensión de este tema y su preocupación sostenible fue realizada por Giffinger et al (2007), donde se hace un estudio general del estado del arte de las definiciones existentes de *smart cities* y qué características las definen.

Con base en esta investigación los autores informan que las definiciones de *smart cities* no sólo tienen en cuenta el uso de las TICs para mejorar la economía y calidad de vida, pero también tienen en cuenta desde el nivel de la educación de sus habitantes, a la forma en que los recursos ambientales son gestionados, como se muestra en la Figura 2 (GIFFINGER et al, 2007).

Para medir estas características se utilizan los factores e indicadores de desarrollo. En las cuestiones ambientales se destacan en este caso los siguientes indicadores: cantidad de zonas verdes públicas, la opinión pública sobre la protección de la naturaleza (lo que puede indicar los anticipos a la cuestión de la sostenibilidad a largo plazo), horas de iluminación natural (luz solar), la forma consiente como los habitantes usan el agua y la electricidad.

Neirotti et al (2014), siguiendo la misma línea de Giffinger et al (2007), enumera los requisitos de sostenibilidad que una *smart city* debe cumplir. Se destacan también en sus estudio factores como: utilización de redes inteligentes de energía (*smart grid*), el alumbrado público inteligente (y percibido con LED - Diodo Emisor de Luz), el uso de energías renovables, gestión de residuos sólidos y control de la contaminación ambiental. Este último tema, vinculado a las leyes de conservación de la naturaleza, puede convertirse en una protección ambiental más eficiente.

Vilajosana et al (2013) señalan que, con interés en la inversión pública que se hará en las iniciativas de *smart cities*, grandes proveedores de tecnología como Cisco, IBM y HP, se han centrado en este tema y han desarrollado sus propias soluciones.

<p><b>SMART ECONOMY</b> (Competitiveness)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Innovative spirit</li> <li>• Entrepreneurship</li> <li>• Economic image &amp; trademarks</li> <li>• Productivity</li> <li>• Flexibility of labour market</li> <li>• International embeddedness</li> <li>• Ability to transform</li> </ul>	<p><b>SMART PEOPLE</b> (Social and Human Capital)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Level of qualification</li> <li>• Affinity to life long learning</li> <li>• Social and ethnic plurality</li> <li>• Flexibility</li> <li>• Creativity</li> <li>• Cosmopolitanism/Open-mindedness</li> <li>• Participation in public life</li> </ul>
<p><b>SMART GOVERNANCE</b> (Participation)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Participation in decision-making</li> <li>• Public and social services</li> <li>• Transparent governance</li> <li>• Political strategies &amp; perspectives</li> </ul>	<p><b>SMART MOBILITY</b> (Transport and ICT)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Local accessibility</li> <li>• (Inter-)national accessibility</li> <li>• Availability of ICT-infrastructure</li> <li>• Sustainable, innovative and safe transport systems</li> </ul>
<p><b>SMART ENVIRONMENT</b> (Natural resources)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Attractivity of natural conditions</li> <li>• Pollution</li> <li>• Environmental protection</li> <li>• Sustainable resource management</li> </ul>	<p><b>SMART LIVING</b> (Quality of life)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cultural facilities</li> <li>• Health conditions</li> <li>• Individual safety</li> <li>• Housing quality</li> <li>• Education facilities</li> <li>• Touristic attractivity</li> <li>• Social cohesion</li> </ul>

Figura 2 – Modelo de las *smart cities* - características genéricas y sus factores.

Fuente: Giffinger et al (2007).

En la siguiente sección se describen características genéricas de proyectos de softwares para las *smart cities*, cuyo objetivo es, en muchos casos, reducir directamente el impacto *ambiental* del crecimiento urbano en las grandes y medianas ciudades actuales.

#### 4.2 Desarrollo de software para la sostenibilidad de las *smart cities*

En esta sección se detalla cómo el software puede ser desarrollado para la sostenibilidad, centrándose en dos enfoques: el mapeo de necesidades específicas de software para las *smart cities* y qué impactos estos softwares generan y pueden ser minimizados, mediante la especificación de requisitos no funcionales de sostenibilidad.

#### 4.2.1 Requisitos específicos para la creación de software para la sostenibilidad en *smart cities*

Como se explicó anteriormente, las *smart cities* representan un concepto que implica en áreas específicas, en las cuales, la ciudad debe presentar buen rendimiento, y que incluye una preocupación por el medio ambiente (GIFFINGER et al, 2007; NEIROTTI et al 2014). Según Lombardi et al (2012) la aplicación de tecnologías de la información y la comunicación (TICs), con sus efectos sobre el capital humano (educación), el capital social y las cuestiones ambientales son una preocupación de los planteamientos de las *smart cities*. Esto implica estudiar cómo deben ser desarrolladas y utilizadas las TICs, incluyendo el software, en el contexto de las *smart cities* y sus preocupaciones ambientales.

Dobre y Xhafa (2013), enumeran una serie de características que el software de estas ciudades tiene que cumplir, que se basan en el fenómeno de *big data* y en el Internet de las cosas.

Según Fan y Bifet (2012), citando Laney (2001), el fenómeno de *big data* puede ser caracterizado en el modelo llamado 3VS (Figura 3) y corresponde al hecho de que hoy existen datos disponibles en altos volúmenes (volumen) en varios formatos diferentes (variedad) que se producen con tanta rapidez (velocidad) que su interpretación se hace muy difícil.

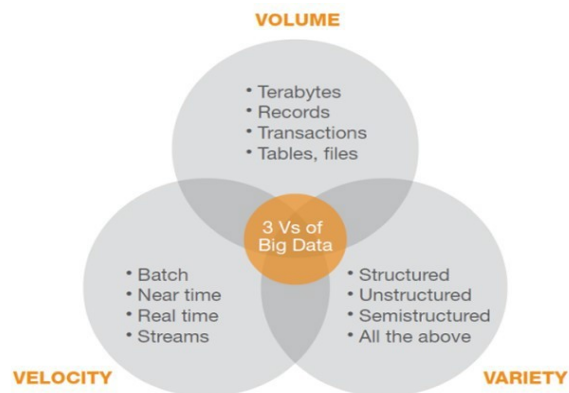


Figura 3 – El fenómeno *big data* y el modelo 3VS.

Fuente: WALKER (2012).

Según Chen, Mao, y Liu (2014), la Internet de las cosas - un concepto que se refiere a la variedad actual de diversos objetos que conectan la internet y producen datos, tales como automóviles, *smartphones*, e incluso personas (PERERA et al, 2013) – y *big data* son una importante fuente de datos para las *smart cities*. El uso de sensores acoplados a las redes de energía, el agua y los modernos dispositivos móviles (*smartphones*), por ejemplo, producen grandes volúmenes de datos y contienen información de interés sobre la ciudad y su entorno.

Dobre y Xhafa (2013), afirman que las *smart cities* deben basarse en este fenómeno (*big data*) para lograr sus objetivos. Imagínese la siguiente situación: un ciudadano, con su dispositivo móvil moderno (un *smartphone*, por ejemplo), fluye a través de la ciudad, y el dispositivo recoge datos sobre su ubicación. Estos datos, agrupados en grandes cantidades, pueden proporcionar el número de habitantes que circulan en una zona turística de la zona de conservación, indicando si se ha excedido su capacidad diaria de visitantes, advirtiendo a los ciudadanos que se debe esperar por otro horario disponible para visitación, por ejemplo. Esta aplicación también podría proporcionar datos estadísticos para los administradores de las ciudades y ayudar a la gestión de sus recursos naturales.

Otro ejemplo de este tipo de aplicación que ayuda a la sostenibilidad es la aplicación Uber ([20--]), centrándose en la movilidad urbana. Este software permite a los usuarios inscribirse y, de acuerdo con su ubicación actual, seguir con otra persona a una ruta dada en común (carona), lo que reduce el número de automóviles y las emisiones de carbono en las ciudades.

Sen et al (2012) y Neirotti et al (2014), destacan, en la tabla 1, algunos ejemplos comunes de uso de software en las *smart cities*, proyectos como el alumbrado público controlados por sensores que iluminan la calle sólo cuando hay movimiento (para reducir el consumo de energía), las solicitudes de control de transporte público para informar la posición actual de un autobús especial (como un incentivo de este medio de transporte en detrimento del uso de los automóviles) y un sistema de tráfico inteligente, que utiliza información en tiempo real para informar a los conductores de posibles accidentes de tráfico, volviendo sobre rutas, reduciendo el tiempo que los coches están aparcados en colas liberando CO<sup>2</sup>.

En común, estos tipos de aplicaciones utilizan datos de los sensores (incluso *smartphones* proporcionando datos) en relación con el concepto de los *big data* e Internet de las cosas, adaptando su comportamiento en una dada situación.

Software	Funcionalidades e Objetivos
Sistemas de controle inteligente de trânsito ( <i>intelligent traffic systems</i> )	Dados oriundos dos carros que avisam sobre incidentes em determinados locais que estejam dificultando o trânsito. Este tipo de sistema pode informar novas rotas disponíveis, reduzindo o tempo dos motoristas no trânsito, diminuindo a emissão de CO <sup>2</sup> (SEN et al, 2014). Exemplo: <i>Waze app</i> (WAZE, 2014).
Iluminação pública inteligente ( <i>smart street lighting</i> )	Sistema que desliga as luzes em ruas menores quando não houver movimento nelas (SEN et al, 2014) ou que tenham controle de intensidade de iluminação, conforme informações em tempo real das condições climáticas (NEIROTTI et al, 2014).
Transporte Público Inteligente ( <i>smart transport</i> )	Sistema que informa em tempo real os usuários de transporte coletivo sobre a situação dos ônibus, como tempo de chegada nos pontos de parada, linhas disponíveis dentre outros. Este tipo de sistema também pode coletar dados estatísticos de quais horários necessitam de mais ou menos linhas de transporte coletivo além de incentivar o seu uso em detrimento de carros individuais (SEN et al, 2014)
Construções Inteligentes ( <i>Smart Building</i> )	Sistemas que controlam os subsistemas de prédios, como elevadores, fornecimento de água e ar-condicionado por exemplo, com o objetivo de diminuir desperdícios de recursos (IBM; NEIROTTI et al, 2014)
Controle de Poluição através de software	Softwares que coletem os níveis de poluição ambiental, como emissão de gases ou de efluentes por exemplo (NEIROTTI et al, 2014) e informem em tempo real os responsáveis e população afetada .
<i>Smart Grids</i> (redes elétricas inteligentes)	Redes elétricas capazes de entregar energia conforme a demanda dos usuários e que se auto recuperem de falhas na rede (NEIROTTI et al, 2014), evitando desperdícios.

Tabla 1 – Las aplicaciones de software para la reducción de los impactos ambientales en las iniciativas de ciudades inteligentes.

Fuente: Neirotti et al e Sen et al (2014).

Para Dobre y Xhafa (2013), los dispositivos móviles actuales también pueden actuar como sensores, recogiendo y generando datos e información sobre el contexto de un usuario en una dada situación, permitiendo la creación de una nueva generación de aplicaciones basadas en los *big data*.

Esta idea se relaciona con el concepto de computación contextual, también llamada computación consciente del contexto (*context awareness computing*), donde las aplicaciones (hardware y software) pueden percibir una situación y reaccionar automáticamente a ella (ROBLES; KIM, 2010). Entonces, ¿cuáles deberían ser las preocupaciones que el desarrollador de software sostenible para las *smart cities* debería tener?

La Tabla 2, con base en estudios de Dobre y Xhafa (2013), enumera los principales características o requisitos que el software debe cumplir. En general, los requisitos deben considerar el bajo poder de procesamiento, de almacenamiento de sensores, de dispositivos móviles y de la ubicación actual de sus usuarios, o las condiciones actuales del contexto, por ejemplo. Estos requisitos pueden guiar el desarrollo de aplicaciones orientadas a la

sostenibilidad en las *smart cities*, con impactos positivos en el corto y largo plazo en el medio ambiente.

Requisito	Descrição
Mobilidade e localização	As aplicações devem auxiliar o usuário a encontrar informações sobre lugares próximos a ele;
Proximidade	A quantidade de dados em determinadas situações pode ser alta demais, e os dispositivos móveis tem capacidade de armazenamento e processamento limitada. Por isso, é preciso que se filtre dos dados próximos a ele e se traga os geograficamente mais próximos ainda ao usuário;
Garantia <i>Real-time</i>	As informações precisam ser atuais. O usuário não deve receber informações obsoletas (avisos sobre acontecimentos do mês passado por exemplo);
Suporte para erros de comunicação	Nenhuma aplicação para <i>smart cities</i> deve assumir que o usuário esteja sempre conectado à internet, ou com uma conexão que nunca caia, prevendo assim falhas no envio dos dados;
Descoberta de novas fontes de dados	As aplicações devem conseguir descobrir novas fontes de dados, como outros sensores e serviços externos. Isso aumentaria a possibilidade de informações e funcionalidades úteis (interação com prédios inteligentes poderiam abrir uma porta ou acionar uma lâmpada por exemplo);
Escalabilidade	Os dados devem ser escaláveis e possuir histórico de armazenamento, para permitir futuras minerações. Isso permite futuras aplicações de mineração de dados muito interessantes. O problema aqui seria a baixa capacidade de armazenamento dos dispositivos, mas que poderia ser resolvido com <i>cloud computing</i> .

Tabla 2 – Requisitos de software basados en *big data* para *smart cities*.

Fuente: Dobre e Xhafa (2013).

#### 4.2.2 Software verde en las *smart cities* y sus requisitos.

Siguiendo el enfoque de las *smart cities*, la necesidad de utilizar software debe crecer porque a través de ellos se puede generar aplicaciones que ayudan en la reducción de los impactos ambientales de los grandes centros urbanos. Sin embargo, ¿el software en sí no genera impactos también? Es importante para esta investigación traer el concepto de software verde.

Según Sen et al (2012), software verde (*green software* o software verde sostenible) es un software (una herramienta TIC) cuyo principal objetivo es garantizar la sostenibilidad y generar un impacto mínimo o positivos sobre el medio ambiente, desde su diseño hasta su uso.

Como Sierszecki et al (2014), este concepto está relacionado con el área llamada TICs verdes (*Green IT*), cuyo objetivo es reducir el consumo de energía gastado directamente por los componentes de las TICs (hardware y sistemas), y también asegurar la sostenibilidad a través del uso de las TICs.



Sen et al (2012) hizo una encuesta sobre como el software verde puede reducir los impactos ambientales en las *smart cities*. Los autores ha enumerado una serie de características que el software que opera las capacidades de una *smart city* (sistemas operativos inteligentes) debe tener para centrarse en el entorno, que se describen en la Tabla 2.

Todas las funciones son orientadas a reducir el consumo de energía en nivel de software, reduciendo su impacto directo sobre el medio ambiente (SEN et al, 2012).

<b>Funcionalidades dos Softwares Verdes à nível Operacional (<i>Smart Operating Systems</i>)</b>	<b>Principais Características</b>
Controle de Processos dos Sistemas Operacionais Inteligentes	-Controle de Processos para minimizar o uso de energia, com base nos níveis atuais disponíveis para consumo;
Compartilhamento de Conteúdo ( <i>Information Sharing</i> )	-Reuso de informação: conteúdos que sejam de comum interesse para softwares distintos devem ser compartilhados entre eles, para evitar novos acessos à rede.
Dados estatísticos ( <i>Feedback Data</i> )	-É necessário que se tenha dados sobre o consumo de energia dos computadores nas cidades, para que se possa automatizar decisões e remanejar a distribuição de energia.

Tabla 3 – Diminuição do impacto ambiental causado pelo software.

Fuente: Sen et al (2012).

Los autores señalan que es necesario que los softwares deben usar menos los recursos disponibles de ordenadores, tales como la capacidad de conectarse a la red, por ejemplo, a través del intercambio y la reutilización de la información.

Es decir, si un programa de ordenador necesita alguna información que otro programa requiere también (como la previsión del tiempo, por ejemplo), el primer programa que ha accedido a la red para descargar esta información puede compartirla con los demás, evitando así otro acceso a la red (SEN et al, 2012).

Este tipo de requisito también se puede implementar en los dispositivos móviles a través de Internet de las cosas, donde más de un dispositivo puede necesitar la misma actualización de software, por ejemplo, la reducción de los costos de acceso de la red de forma acumulativa.

Requisitos de esta naturaleza pueden ser parte de un conjunto de prácticas o preocupación ambientales que un desarrollador de software debe tener para iniciar un proyecto de software, y el área de Ingeniería de Software pueden ayudar en esta tarea. Según Pressman (2010), la Ingeniería de

Requisitos es una acción de la Ingeniería de Software en el que se definen, entre otros factores, características y artefactos (requisitos) que deben estar presentes en un software a desarrollar. Para Raturi et al (2014), la Ingeniería de Requisitos, vive ahora una oportunidad única ya que puede animar la consideración de la sostenibilidad como un requisito que deben cumplir los proyectos de software.

Conforme clasificación de sostenibilidad de Raturi et al (2014), citado Goodland (2002), Sen et al (2012) ha elaborado un modelo de requisitos de sostenibilidad para el desarrollo de software.

Este modelo tiene en cuenta cuatro dimensiones que definen la sostenibilidad (humano, social, económico y ambiental) y la forma en que se pueden añadir a los requisitos de ingeniería, integración de las calificaciones existentes, con el fin de fomentar la sostenibilidad en el proceso de desarrollo de software. Son considerados, por los autores, desde requisitos de rendimiento, tales como algoritmos eficientes (procesamiento rápido) para reducir el consumo de energía de los procesadores a los requisitos de usabilidad, como hacer la interpretación y visualización de los datos más intuitivos para disminuir el tiempo (en horas) de trabajo de los analistas, lo que reduce tantos costos (RATURÍ et al, 2014).

#### 4.2.3 Infraestructura de software verde para las ciudades inteligentes

Además de la preocupación del consumo de energía causado por el desarrollo y uso software en las iniciativas de ciudades inteligentes siempre se recomienda la informatización de las estructuras con el fin de reducir el impacto ambiental, la recogida de datos para el análisis del funcionamiento de las ciudades (SEN et al, 2012).

El uso de las *smart grids* (redes eléctricas inteligentes) son un ejemplo. Son proveedores de estructuras de electricidad capaces de reorganizar las rutas de energía en la red en caso de interrupción por daños por ejemplo, disminuyendo lo desperdicio de energía, entre otros beneficios (IEEE SMARTGRID, 2013).

Sin embargo, como ya se ha explicado, el Internet de las cosas, y que incluye la red inteligente y otras infraestructuras que generan datos, debe producir grandes volúmenes de datos. Y grandes volúmenes requieren gran potencia de procesamiento. Según Zapater et al (2012), citando el informe de la EPA (2007) Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, afirman que los centros de procesamiento datos representan el 1,3% del consumo total de energía en los Estados Unidos, y este número se duplicó entre 2002 y 2005.

Con las iniciativas de ciudades inteligentes para producir y analizar datos sobre las ciudades, la demanda de HPC (*High Performance Computing*, computación de alto rendimiento) se incrementará, y este impacto también, principalmente debido a la gran centro de datos necesario para procesar estos

datos, así como se ve en el paradigma de la computación en la nube, o *cloud computing* (ZAPATER et al 2012).

La área de Tecnologías Verdes (de software, o *Green IT*), como ya se explicó, busca reducir el impacto ambiental causado por incluyendo las infraestructuras de TI. En el investigación bibliográfica de Zapater et al (2012), los autores proponen una técnica de computación ubicua, donde el procesamiento de grandes volúmenes de datos de los centros de datos se distribuyen para los procesadores en WSN infraestructura (redes de *wireless sensors network*, redes de sensores sin cable) como una red inteligente, por ejemplo, debido a que los sensores de estas redes generan poco consumo de energía. Esta política de minimización de la energía, mediante la delegación de tareas de procesamiento entre los sensores, puede generar un ahorro aproximado del 40% en el consumo de energía, de acuerdo con las pruebas realizadas por los autores.

## 5 CONCLUSIÓN

Con este estudio se puede ver que las iniciativas de ciudades inteligentes hacen un amplio uso de software para reducir los impactos ambientales en el corto plazo, y también promover acciones que minimicen los impactos en el largo plazo.

La utilización de software y más sostenibles técnicas verdes en el desarrollo y infraestructura de software para las *smart cities* puede reducir directamente el impacto ambiental a corto plazo de estas ciudades, ya que tienen por objeto, en general, menor consumo de energía en las ciudades, entre otras aplicaciones.

Las iniciativas de ciudades inteligentes para mejorar los indicadores como el nivel de educación de sus habitantes (eje de *smart people*, figura 2), el control de los índices de contaminación ambiental (cuyos datos pueden ser divulgados para la población como eje de gobierno inteligente, o *smart government*) y la preocupación del público con la protección de los naturaleza (eje *smart environment*) puede traer grandes resultados positivos en el largo plazo y formar una población con una mayor conciencia ambiental.

En cuanto al software hacia estas ciudades, se hace constar que se basan en fenómeno *big data* y el Internet de las cosas, y tiene como una de sus principales características, generar datos sobre su contexto y reaccionar automáticamente ante él (DOBRE y XHAFA, 2013). Las técnicas para el desarrollo y despliegue de software más sostenible analizadas por esta revisión generaron una clasificación en función de su tipo de restricción impuesta para asegurar la minimización de los impactos ambientales, como en la Tabla 4.

Restrições Chave	Técnica
Restrições de Energia consumida pelos Softwares	-Reuso de Informação, Compartilhamento de conteúdo, Datos Estadísticos (SEN et al, 2012)
Restrições de Energia consumida pelas Infraestructuras de HPC ( <i>High Performance Computing</i> )	-Distribuição do processamento para processadores ociosos (ZAPATER et al, 2012)
Restrições relativos à Localização real (e atual, quando for um dispositivo móvel) do sensor (dispositivo produtor de dados)	-Mobilidade e Localização, Proximidade, Garantia <i>Real-Time</i> , Suporte para Erros de comunicação, Descuberta de Novas fontes de dados (DOBRE e XHAFA, 2013).
Restrições relativos à Capacidade (limitada) de armazenamento e processamento do sensor	-Proximidade, Escalabilidade (DOBRE e XHAFA, 2013).
Restrições no desenvolvimento do software (relativos à engenharia de software)	- Algoritmos Eficientes, Usabilidade e demais incentivos da Engenharia de Software (RATURI et al, 2014)

Tabla 4 - Restricciones clave de software duradero de *smart cities*.

Fuente: Datos de investigación.

Se puede observar que las características planteadas por los autores varían en función de dos variables: la ubicación y capacidad de procesamiento limitada y el almacenamiento de los sensores. Pero a medida que las *smart cities*, el *big data* e internet de las cosas evolucionan, el uso de software, la generación de datos y la infraestructura necesaria para apoyar también crece, así como su impacto en el medio ambiente, pues aumenta el consumo de energía causado por la infraestructura para el software (servidores) y el propio software (para acceder a los recursos de hardware de su computadora).

Preocupado por estos temas, algunos estudios presentados en esta revisión mostraron enfoques interesantes a la remediación de este problema. Sen et al (2012) indica algunas características en su propuesta para los sistemas operativos inteligentes para *smart cities* que ayudan a reducir el consumo de energía causado directamente por el software. Los autores proponen principalmente la reutilización de la información entre el software, la finalización de los procesos en entornos de análisis que son inactivo y estadística del consumo de energía para la mejora de los sistemas de *smart cities*. Agregamos ese tipo operacional de imposición juntamente con las principales limitaciones para el desarrollo sostenible de software para las *smart cities*, conforme la Tabla 4 (restrições chave) .

Las contribuciones de Zapater et al (2012) en su procesamiento enfoque de programación mediante la distribución de tareas entre los procesadores ociosos, demostraron una minimización de los impactos en el corto plazo, como una reducción del 40% en infraestructura energética de *smart cities*. Sumado a los otros enfoques descritos en este artículo, se puede ver que las

iniciativas de *smart cities* deben favorecer el aumento del uso de software, y que esto, por lo tanto deben ser desarrollados e implementados en los procesos de infraestructura y técnicas encaminadas a minimizar los impactos ambientales (SEN et al 2012; RATURI et al 2014; ZAPATER et al, 2012).

## REFERENCIAS

BAKICI, Tuba; ALMIRALL, Esteve; WAREHAM, Jonathan. A Smart City Initiative: the Case of Barcelona. **Journal Of The Knowledge Economy**. Barcelona, p. 135-148. jun. 2013. Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1007/s13132-012-0084-9>>. Acesso em: 24 fev. 2015.

BRASIL. COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR - CAPES. . **O Portal de Periódicos da CAPES**. 2014. Disponível em: <[http://www.periodicos.capes.gov.br/?option=com\\_pcontent&view=pcontent&alias=missao-objetivos&mn=69&smn=74](http://www.periodicos.capes.gov.br/?option=com_pcontent&view=pcontent&alias=missao-objetivos&mn=69&smn=74)>. Acesso em: 03 mar. 2015.

BOTELHO, Louise de Lira Roedel. **Aprendizagem Gerencial na Mudança em uma Organização Intensiva em Conhecimento**. 2012. 262 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento, Departamento de Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012. Disponível em: <http://btd.egc.ufsc.br/wp-content/uploads/2013/01/LOUISEBOTELHO.pdf>>. Acesso em: 14 ago. 2014

CARAGLIU, Andrea; BO, Chiara del; NIJKAMP, Peter. Smart Cities in Europe. **Journal Of Urban Technology**. Londres, p. 65-82. 10 ago. 2011. Disponível em: <[http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/VBZNMx\\_Hk8o#.VBZPMZ\\_7G00](http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/VBZNMx_Hk8o#.VBZPMZ_7G00)>. Acesso em: 11 jun. 2014.

CHEN, Min; MAO, Shiwen; LIU, Yunhao. Big Data: A Survey. **Springer**, Estados Unidos, v. 2,n.19,p.171-209,Abr.2014. Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11036-013-0489-0>>. Acesso em: 13 set. 2014.

DOBRE, Ciprian; XHAFA, Fatos. Intelligent services for Big Data science. **Future Generation Computer Systems**. Amsterdam, p. 267-281. jul. 2014. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167739X13001593>>. Acesso em: 05 set. 2014.

FAN, Wei; BIFET, Albert. Mining Big Data: Current Status, and Forecast to the Future. **SIGKDD Explorations**, China, v. 2, n. 14, p.1-5, mar. 2012. Disponível em: <<http://www.kdd.org/sites/default/files/issues/14-2-2012-12/V14-02-01-Fan.pdf>>. Acesso em: 15 set. 2014.

GIFFINGER, Rudolf et al. **Smart cities Ranking of European medium-sized cities**.

Vienna:Vienna University Of Technology, 2007. 28 p. Disponível em: <[http://www.smartcities.eu/download/smart\\_cities\\_final\\_report.pdf](http://www.smartcities.eu/download/smart_cities_final_report.pdf)>. Acesso em: 06 jun. 2014.

IEEE SMART GRID. **Smart Grid Consumer Benefits**. 2013. Disponível em: <<http://smartgrid.ieee.org/questions-and-answers/964-smart-grid-consumer-benefits>>. Acesso em: 25 fev. 2015.

LOMBARDI, Patrizia et al. Modelling the smart city performance. **Innovation: The European Journal of Social Science**. [s. l.], p. 137-149. jun. 2012.

MENDES, Karina dal Sasso; SILVEIRA, Renata Cristina de Campos Pereira; GALVÃO, Cristina Maria. REVISÃO INTEGRATIVA: MÉTODO DE PESQUISA PARA A INCORPORAÇÃO DE EVIDÊNCIAS NA SAÚDE E NA ENFERMAGEM. **Texto & Contexto - Enfermagem**, São Paulo, v. 17, n. 4, p.758-764, out. 2008. Disponível em: <[http://www.producao.usp.br/bitstream/handle/BDOI/3509/art\\_MENDES\\_Revisao\\_integrativa\\_metodo\\_de\\_pesquisa\\_para\\_a\\_2008.pdf?sequence=1](http://www.producao.usp.br/bitstream/handle/BDOI/3509/art_MENDES_Revisao_integrativa_metodo_de_pesquisa_para_a_2008.pdf?sequence=1)>. Acesso em: 23 fev. 2015.

NEIROTTI, Paolo et al. Current trends in Smart City initiatives: Some stylised facts. **Cities: the international journal of urban policy and planning**. Amsterdã, p. 25-36. jun. 2014. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0264275113001935>>. Acesso em: 15 set. 2014.

PERERA, Charith et al. Context Aware Computing for The Internet of Things: A Survey. **IEEE Communications Surveys & Tutorials**. [s. l.], p. 1-42. maio 2013.

PRESSMAN, R. S.; **Software Engineering: A Practitioner's Approach**, 7 ed., McGraw Hill, 2010.

RATURI, Ankita et al. Developing a sustainability non-functional requirements framework. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOFTWARE ENGINEERING, 36., 2014, Hyderabad. **Proceedings of the 3rd International Workshop on Green and Sustainable Software**. New York: Proceeding Greens, 2014. p. 1 - 8. Disponível em: <<http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2593744>>. Acesso em: 27 fev. 2015.

ROBLES, Rosslin John; KIM, Tai-hoon. Review: Context Aware Tools for Smart Home Development. **International Journal Of Smart Home**. Daegu, p. 1-12. jan. 2010.

Disponível em: <[http://www.sersc.org/journals/IJSH/vol4\\_no1\\_2010/1.pdf](http://www.sersc.org/journals/IJSH/vol4_no1_2010/1.pdf)>. Acesso em: 23 set. 2014.

SADEH, Tamar. **The Primo ScholarRank Technology**: Bringing the Most Relevant Results to the Top of the List. 2012. Disponível em: <[http://www.exlibrisgroup.com/default.asp?catid={F9320D13-1EA7-490A-A9F1-C8F3FD0C9292}&details\\_type=1&itemid;={B841DCF0-4F67-4A9B-](http://www.exlibrisgroup.com/default.asp?catid={F9320D13-1EA7-490A-A9F1-C8F3FD0C9292}&details_type=1&itemid;={B841DCF0-4F67-4A9B-)

8F2AA3031DDF3D68}>. Acesso em: 26 fev. 2015.

SEN, Mourjo et al. Smart Software and Smart Cities: A study on Green Software and Green Technology to develop a smart urbanized world. **International Journal Of advanced computerresearch**. Madhya Pradesh, India, p. 373-380. dez. 2012.

SIERSZECKI, Krzysztof et al. Green Software: Greening What and How Much?. **IEEE Software**. Estados Unidos, p. 64-68. mai-jun. 2014.

TOWNSEND, A. Smart Cities: Big Data, Civic Hackers, and the Quest for a New Utopia. W.W. Norton & Company. 2013.

UBER ([s.i]). **A empresa**. [20--]. Disponível em: <<https://www.uber.com/about>>. Acesso em: 02 mar. 2015.

VILAJOSANA, Ignasi et al. *Bootstrapping smart cities through a self-sustainable model based on big data flows*. **IEEE Communications Magazine**, Estados Unidos, v. 51, n. 6, p.128-134, jun. 2013. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?reload=true&tp;=&arnumber=6525605&queryText;=vilajosana+big+data+bootstraping>>. Acesso em: 12 jul. 2014.

WALKER, Michael. **Data Veracity**. 2012. Disponível em: <<http://www.datasciencecentral.com/profiles/blogs/data-veracity>>. Acesso em: 02 mar. 2015.

ZAPATER, Marina et al. Ubiquitous Green Computing Techniques for High Demand Applications in Smart Environments. **Sensors**, Basel, v. 8, n. 12, p.10659-10677, ago. 2012. Disponível em: <<http://www.mdpi.com/1424-8220/12/8/10659>>. Acesso em: 28 fev. 2015.