

III-061 - APLICAÇÃO DE PROCESSO INFORMATIZADO PARA OTIMIZAÇÃO DE INFRAESTRUTURA E OPERAÇÃO DE COLETA SELETIVA DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS EM GRANDES GERADORES

Gustavo Nunes Rocha⁽¹⁾

Bacharel em Sistemas de Informação. Mestrando em Tecnologias Sustentáveis pelo Instituto Federal do Espírito Santo (IFES) – Campus Vitória. Professor do colegiado de Ciência da Computação na Faculdade Pitágoras – Unidade Guarapari.

Jacqueline R. Bringhenti⁽²⁾

Engenheira Civil, e Sanitarista, Mestre e Doutora em Saúde Pública pela USP. Professora do Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental e do Programa de Pós-graduação em Tecnologias Sustentáveis, IFES, Campus Vitória.

Rodrigo Varejão Andreão⁽²⁾

Engenheiro Eletricista, Mestre em Engenharia Elétrica pela Universidade Estadual de Campinas, Doutor em Optimisation et Sûreté des Systèmes pelo Institut National Des Télécommunications, França, e Pós-Doutor em Processamento de Sinais Biológicos realizado na UFES. Professor e Coordenador do Programa de Mestrado Profissional em Tecnologias Sustentáveis do Instituto Federal do Espírito Santo (Ifes).

Endereço⁽¹⁾: Av. Vitória, 1729 - Jucutuquara - Vitória - ES - CEP: 29040-780 - Brasil - Tel: (27) 3331-2237 - e-mail: gustavonunesrocha@hotmail.com

RESUMO

Com os novos conceitos de Cidades Inteligentes, o uso da tecnologia no processo de coleta seletiva de resíduos sólidos pode auxiliar na mitigação dos custos que envolvem o reaproveitamento dos resíduos, sejam eles nos aspectos financeiros, sociais ou ambientais. Uma das possibilidades de otimização seria o uso de processos informatizados e da automação ainda pouco explorados, na elaboração de mecanismos informacionais como novas rotas otimizadas, histograma para elaboração de um calendário de coleta eficaz, entre outros.

Seguindo essa visão, o presente estudo objetivou desenvolver um método de apoio a elaboração de um processo de gestão informatizado, utilizando tecnologia de gestão inteligente em IOT (Internet das Coisas), através da geração de bases de dados fundamentais no apoio as decisões, se adaptando as realidades governamentais ou setores privados, culminando na otimização do uso da infraestrutura de condicionamento e minimização do custo operacional dos programas de coleta seletiva de resíduos sólidos urbanos.

Para o desenvolvimento da metodologia, foi feito um levantamento científico e comercial sobre as soluções implementadas para esse objetivo, culminando na necessidade de estabelecer além dos requisitos primários do projeto, o diferencial ainda não encontrado dentre os objetos de estudo levantados.

Através da análise minuciosa dos requisitos, foi possível identificar os aspectos técnicos e socioeconômicos das ferramentas descritas na literatura e disponibilizadas no mercado, podendo assim, ampliar o foco em relação aos modelos atuais e criar um novo produto que abstraísse falhas recorrentes destas tecnologias.

Essa metodologia culminou em um protótipo computacional, dotado de sensores sônicos, que realizam as medidas em um campo amplo dos PEV's e desse modo conseguem gerar dados conclusivos de volume de resíduos e sobre a coleta dos materiais depositados nesses coletores. Esses dados são enviados pela internet a um banco de dados, possibilitando a elaboração de relatórios gerenciais do serviço aos gestores responsáveis.

O equipamento encontra-se em fase de testes e os resultados iniciais apontam que a metodologia implementada pode alcançar resultados satisfatórios em relação ao modelo de coleta tradicional, ampliando a capacidade de obtenção de conhecimento sobre o comportamento dos usuários, do serviço e principalmente eliminando alguns gargalos da coleta seletiva de resíduos sólidos urbanos.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos Sólidos, Gestão Ambiental, Coleta de Resíduos Urbanos.

INTRODUÇÃO

Em função do contexto ambiental atual, a gestão dos resíduos sólidos em centros urbanos tem sido objeto de diversos estudos existindo a preocupação com a sustentabilidade via interface com aspectos sociais, ambientais, sanitários e econômicos. Soluções que envolvam o uso de processos informatizados e automação ainda são pouco exploradas, principalmente em países em desenvolvimento e com maior oferta de mão de obra com baixa qualificação como o Brasil.

Segundo (RIBEIRO et al., 2014), há um grande desafio na gestão dos resíduos sólidos no Brasil, principalmente nas grandes cidades, que impulsionadas pelo desafio ambiental em que se encontram, não dispõe em sua maioria de soluções factíveis e viáveis, expandindo ainda mais o uso de técnicas relativamente ultrapassadas e pouco efetivas, que de certa forma não condizem com a solução ideal para o problema.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela lei federal 12.305/2010, é o marco legal de referência no país e adota a coleta seletiva como uma das metodologias para o adequado gerenciamento dos resíduos sólidos no país. Na prática, existe muita descontinuidade em iniciativas de coleta seletiva relacionadas a problemas operacionais e de participação social, além do financiamento, que poderiam ser objetos de estudos de otimização, e abrindo a possibilidade para o desenvolvimento de novas soluções. (BRASIL, 2012)

O adequado gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos deve contemplar as diversas etapas envolvidas, das ações de conscientização a minimização da geração de resíduos até o descarte final, que estejam de acordo com os acordos ambientais regentes e demais sistemas de saneamento ambiental, com ampla e necessária participação das esferas governamentais, sociedade civil organizada e iniciativa privada. (GOMES; MARTINS, 2003).

Estudos sobre otimização de coleta seletiva em condomínios, instituição de ensino e igreja, constatou que a infraestrutura é fundamental para manter e ampliar a participação social, e que para otimizar o uso dos coletores recicláveis é necessário compatibilizar a capacidade armazenamento dos coletores com os intervalos de coleta (BRINGHENTI et al., 2015).

Seguindo essa visão, o presente estudo objetivou desenvolver um método de apoio a elaboração de um processo de gestão informatizado, utilizando tecnologia de gestão inteligente em IOT (Internet das Coisas), através da geração de bases de dados fundamentais no apoio as decisões, se adaptando as realidades governamentais ou setores privados, culminando na otimização do uso da infraestrutura de acondicionamento e minimização do custo operacional dos programas de coleta seletiva de resíduos sólidos urbanos.

METODOLOGIA

O foco do estudo são os grandes geradores de resíduos sólidos como é o caso das Instituições de Ensino Superior (IES), sendo selecionado como estudo de caso o campus Vitória do Instituto Federal do Espírito Santo (IFES), que possui 4000 alunos e aproximadamente 300 funcionários, localizada no município de Vitória, Espírito Santo.

O IFES é atendido pelo serviço municipal de coleta seletiva na modalidade de Postos de Entrega Voluntária (PEV). A escolha foi motivada em selecionar locais em que houvesse um grupo interno interessado na coleta seletiva, pois estudos revelam que a existência desse grupo reflete diretamente na efetividade da coleta seletiva (BRINGHENTI et al., 2011). A partir de parceria institucional com a prefeitura local, o IFES, tem pesquisado, desde 2007, sobre fatores que interferem no desempenho de iniciativas de coleta seletiva em grandes geradores. O conceito para elaboração da metodologia abrangeu as etapas descritas na figura 1.

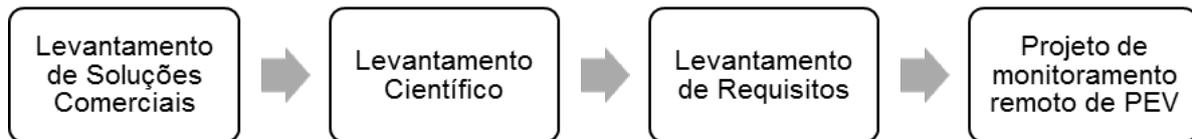


Figura 1 – Etapas metodológicas

O protótipo de PEV foi desenvolvido em etapa anterior de pesquisa com vistas a otimizar a infraestrutura para coleta seletiva em grandes geradores. As suas características foram identificadas a partir de levantamento e análise dos produtos similares disponíveis no mercado (pontos positivos e negativos), monitoramento de equipamentos instalados, associado aos dados levantados junto aos potenciais usuários (Estudo de Percepção Ambiental). Foi construído com placas de embalagens longo vida recicladas e madeira de reflorestamento visando contemplar aspectos de sustentabilidade.

A busca de projetos já consolidados no mercado foi a primeira opção considerada, não sendo identificada uma ferramenta que atendesse a ideia inicial. Em resumo foram encontradas muitas tecnologias, principalmente na Europa, mas que atendem na modalidade de Postos de recebimento ou troca, focando principalmente onde há uma recompensa para o usuário do serviço, tais como, acesso à internet e pontos em programa de relacionamento.

No campo científico (DAVIDE, 2012) propõe um modelo protótipo de gerador de dados utilizando sensores sônicos, porém o custo do processo elaborado pelo autor se demonstra demasiadamente elevado, pois inclui itens de alto custo como painéis solares para carga das baterias, o uso de vários sensores sônicos, uma linha de dados GSM exclusivamente utilizada por cada dispositivo, entre outros. Outro fator importante que contribuiu para avaliação de viabilidade no uso do produto citado refere-se a ausência de fonte de energia redundante para alimentar os sensores em caso de falha da energia fotovoltaica em locais sem incidência de luz solar.

Para desenvolver uma solução viável, primeiramente houve a necessidade de enxugar o escopo do problema. O IFES já possui dois coletores em funcionamento e todo o projeto tem que se adaptar a essa estrutura e não contrário. Como são coletores de tamanho grande, a área e abrangência da leitura tem que compreender mais de um sensor a fim de monitorar o máximo possível da área monitorada.

Com esta etapa concluída, a próxima foi de analisar possíveis soluções de baixo custo, que possam atender a demanda do escopo do projeto, contemplando os requisitos levantados durante a fase de pesquisa. Tendo em vista esse objetivo, chegou-se à conclusão que nenhuma ferramenta comercial ou descrita atenderia amplamente todos os principais requisitos levantados, que era o de se adaptar à realidade existente, fornecendo uma solução de baixo custo.

Sintetizando a análise de requisitos foi possível focar no resultado do projeto, que é a de quantificar a produção de resíduos sólidos nos coletores dispostos no campus, selecionado para estudo de caso, o que torna necessário então criar os instrumentos de medição, capazes de produzir dados históricos por coletor, com filtros referentes ao comportamento de cada equipamento ao longo do tempo a possibilidade de filtrá-los por tempo, decifrando o comportamento de cada coletor, a fim de identificar os pontos históricos ideais para a coleta dos resíduos depositados nos mesmos, criando dados comparativos entre uma estrutura de coleta de resíduos recicláveis sem processo definido e avaliar se um processo informatizado possui índices mais eficazes que os atuais.

Pensando no conceito de custo x benefício obtido na análise dos requisitos do projeto, foi desenvolvido um protótipo de baixo custo, composto por dois sensores, uma placa micro controladora e conexões que necessitam de uma fonte de 9V para funcionamento, sendo ideal o uso de uma tomada 110/220V e circuito eletrônico para conversão da tensão no nível necessário ou bateria compatível que permita ao equipamento o funcionamento 24h realizando as medições por um longo período de tempo. O tráfego de dados é feito através de rede cabeada ou sem fio, para conexão com a internet de forma segura e viável em relação aos outros meios, para posterior envio dos dados para o servidor.

Os dois sensores sônicos são posicionados na parte superior do PEV, disparando em linha reta contra o obstáculo uma onda sônica que reflete em um objeto sólido e retorna ao sensor, possibilitando assim que o sensor consiga mensurar com precisão de 3mm o valor de distância entre o sensor e o obstáculo. A média das medidas dos dois sensores corresponde com uma precisão aceitável ao nível de volume de resíduo, uma vez que a área de cobertura de ambos possibilita determinar o estado atual do PEV.

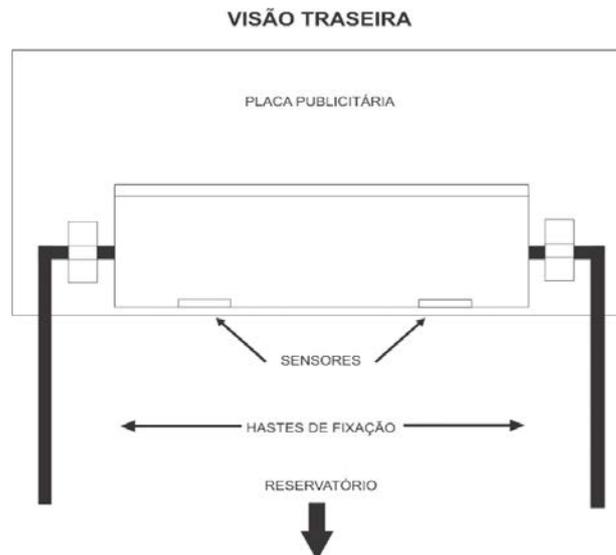


Figura 2 – Vista Traseira mostrando a disposição do coletor de dados

Cada protótipo possui um circuito que utiliza sensores medidores de volume para realizar a leitura dos dados de cada PEV. No mesmo circuito é feito o processamento dos dados recebidos e os converte em indicadores pré-determinados, conforme a Figura 3.

O produto da operação é empacotado e enviado para o Servidor de Dados através de conexão TCP/IP. Os dados então são submetidos às verificações de segurança da estrutura de armazenamento e então são persistidos no banco de dados.

Os dados alocados no servidor então podem ser trabalhados através de um software de relatórios, por meio deste as informações armazenadas durante as transmissões podem ser acessadas de forma sistêmica e filtrada, garantindo que possa se customizar as dimensões de dados por tempo, local, e até mesmo em um grupo específico de PEV's.

ESTRATÉGIA DE ANÁLISE DOS RESULTADOS

De posse do histórico de dados, vem sendo possível mensurar através de uma relação PEV x volume, a quantidade de recicláveis armazenada no PEV, criando indicadores de nível para gerar dados em relação aos níveis de alerta e/ou críticos, definindo os períodos em que os PEV's se encontram em níveis de alerta divididos por altura e porcentagem, segundo a figura 3.

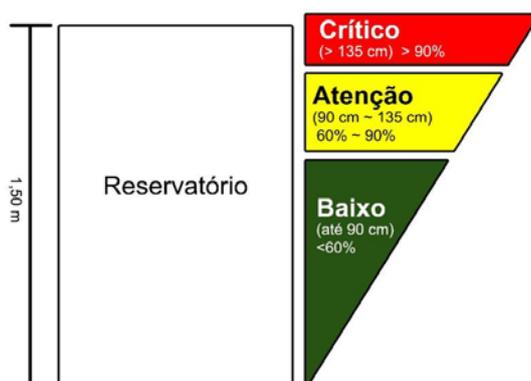


Figura 3 – Níveis de alerta delimitados no projeto dos sensores

A informação referente a localização do equipamento, data e hora e nível de preenchimento (altura e porcentagem) em relação a capacidade de armazenamento é enviada ao servidor de dados, onde cada registro permite através da seleção de dados, gerar panorama de coleta de acordo com o período de tempo no qual se deseja extrair informações, permitindo a visão panorâmica dos resultados através de ferramentas textuais e gráficas.

Através da análise dos dados coletados pode-se definir um processo ponta a ponta da coleta de forma inteligente, mensurando não apenas os PEV's em questão, mas gerando uma base de dados necessária para a realização de um planejamento de coleta abrangente, podendo-se desenvolver vários relatórios descritivos e/ou gráficos, como um histograma, um cronograma de trabalho, entre outros.

RESULTADOS

O protótipo encontra-se em fase de testes e os dados coletados até o momento estão definindo um perfil de geração resíduos recicláveis via coleta seletiva, como apoio a tomada de decisões de forma inteligente e real, sendo base para a elaboração de rotas de coleta seletiva que atendam melhor os usuários, ampliação dos serviços em locais com alta demanda de coleta, mapear a quantidade de resíduo produzido por PEV coletor, entre outras ações possibilitadas pelo conhecimento da informação gerada pelos instrumentos. As etapas para elaboração dos resultados seguem as seguintes etapas:

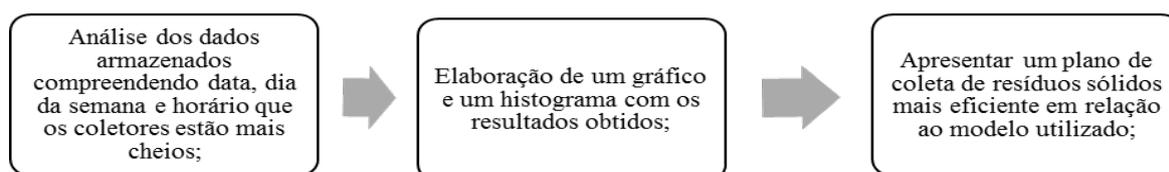


Figura 4 – Cronograma de elaboração de resultados

Além do supracitado, o comportamento de curva do nível de preenchimento do PEV, ilustrado nas figuras 5 e 6, demonstra a hipótese dos comportamentos diferentes dos níveis de PEV, traçando um paralelo de comparação com o modelo atual sem gestão e um possível modelo implementado através do uso dos coletores de dados. No atual modelo implementado o processo não é caracterizado através de índice, não possui etapas que garantam a sua gestão sustentável, ficando suscetível ao empirismo da frequência da coleta, sugestões ou pró atividade de funcionários em reportar o estado do PEV ou até mesmo possibilitando a ocorrência de operando além da capacidade, entre outros agravantes, que podem resultar em fatores impactantes no ambiente em que está integrado, como atratividade de vetores, formação de chorume decorrente de resíduos impróprios descartados como recicláveis pelos usuários, causando mau cheiro no local, queda na participação dos usuários, entre outros.

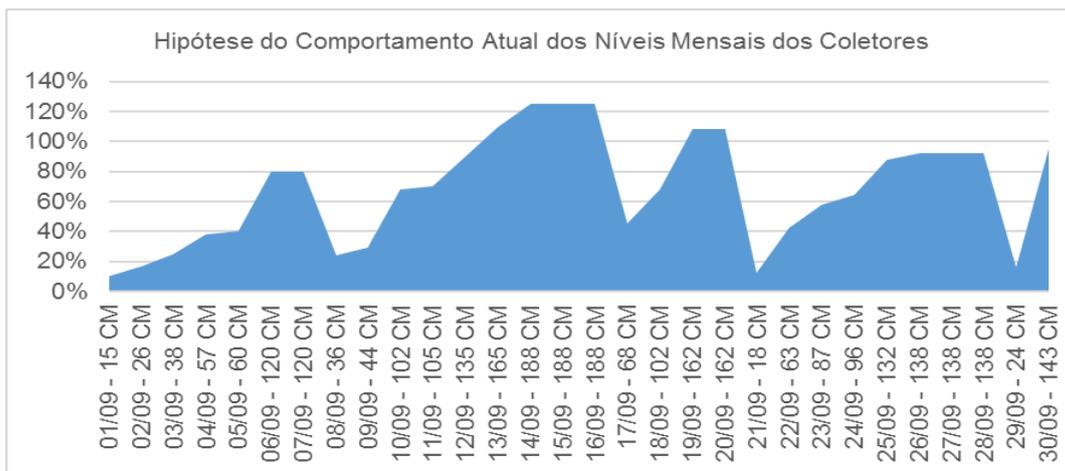


Figura 5 – Hipótese de Comportamento atual sem plano de coleta

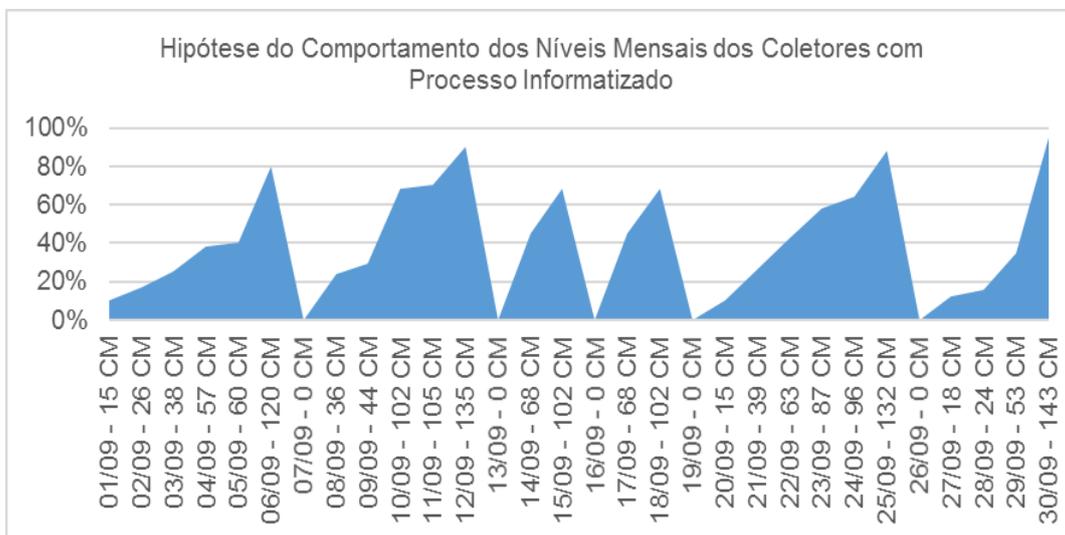
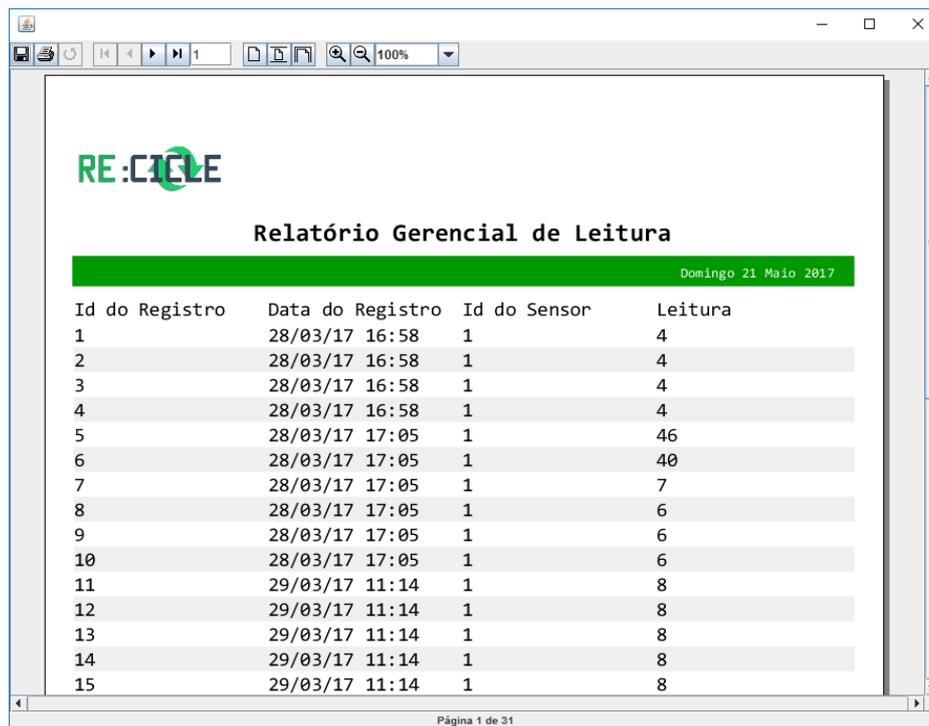


Figura 6 – Hipótese de Resultados após implantação do plano de coleta informatizado

Com os dados analisados, será gerado ao fim um relatório de apoio a decisão de implantação dos mecanismos de implementação de uma gestão informatizada, priorizando a manutenção de um sistema que possa gerar continuamente um comportamento de uma zona de coleta e suas mudanças, possibilitando ao responsável pela coleta acompanhar em tempo real os dados provenientes dos coletores, observando os que estão em níveis de atenção e críticos, em quais datas e horários, possibilitando a identificação de exceções geradas por eventos que fogem do histograma pré-elaborado, como o acúmulo excessivo de resíduos em determinado coletor, possibilitando o acionamento emergencial de um veículo para realizar a coleta neste caso em especial.

O relatório fornecido pelo banco de dados deverá ser simples, gerado automaticamente através da seleção dos dados conforme as necessidades de cada processo, seguindo o modelo da Figura 7, possibilitando a visão total de todos os coletores ou de um coletor específico, tornando os dados flexíveis e exportáveis à uma ferramenta de gestão de dados ou geradora de relatórios gráficos mais detalhados, ou até mesmo para utilização em ferramentas mais simples como Microsoft Excel, Open Office Calc, entre outros.



RE:CICLO

Relatório Gerencial de Leitura

Domingo 21 Maio 2017

Id do Registro	Data do Registro	Id do Sensor	Leitura
1	28/03/17 16:58	1	4
2	28/03/17 16:58	1	4
3	28/03/17 16:58	1	4
4	28/03/17 16:58	1	4
5	28/03/17 17:05	1	46
6	28/03/17 17:05	1	40
7	28/03/17 17:05	1	7
8	28/03/17 17:05	1	6
9	28/03/17 17:05	1	6
10	28/03/17 17:05	1	6
11	29/03/17 11:14	1	8
12	29/03/17 11:14	1	8
13	29/03/17 11:14	1	8
14	29/03/17 11:14	1	8
15	29/03/17 11:14	1	8

Página 1 de 31

Figura 7 – Recorte do relatório gerado através dos dados coletados dos coletores com sensor

CONCLUSÃO

A coleta seletiva é uma importante ferramenta na gestão dos resíduos sólidos urbanos e um dos grandes desafios é a busca de sua auto sustentabilidade técnica e econômica, neste contexto o uso da tecnologia de gestão inteligente em IOT pode representar uma contribuição significativa para modernização do setor.

A inclusão de uma ferramenta capaz de delimitar a realidade de cada PEV possibilita uma maior adequação na implementação e/ou manutenção da gestão desse modelo de coleta, possibilitando o alcance de melhores resultados ou ao menos resultados mais próximos a realidade, através do monitoramento individual desses coletores.

Como resultado final do processo ora em estudo, referente a viabilização da aplicação dessa modalidade de gestão a iniciativas de coleta seletiva de resíduos sólidos urbanos, são gerados índices de comparação do processo informatizado em relação ao método atual, destacando os pontos fortes e os pontos a serem corrigidos visando a sua ampliação e consolidação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRASIL. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. 2010a.. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm>. Acesso em: 01 dez. 2016.
- BRINGHENTI, J. R.; GUNTHER, W. M. R.. Participação social em programas de coleta seletiva de resíduos sólidos urbanos. Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental. v.16, p. 421-430, out./dez. 2011.
- DAVIDE, P. M. M.. Sistema de gestão para a recolha de material reciclável. Dissertação de Mestrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores. Universidade Nova de Lisboa. Out.,2012.
- GOMES, L. P.; MARTINS, F. B. Resíduos Sólidos Urbanos: Aterro Sustentável para Municípios de Pequeno Porte. Ambiente & sociedade, n. 8, p. CAPÍTULO 3, 2003.
- RIBEIRO, L. C. DE S. et al. Aspectos econômicos e ambientais da reciclagem: Um estudo exploratório nas cooperativas de catadores de material reciclável do estado do Rio De Janeiro. Nova Economia, v. 24, n. 1, p. 191–214, 2014.