

Tecnologia RFID e Sistemas Distribuídos: Uma Integração Viável para Controle de Acesso e Monitoramento em Escolas

Mateus Victorio Zagonel¹, Cristian Cleder Machado¹, Rafael Bernardo¹

¹Departamento de Engenharias e Ciência da Computação – Universidade Regional Integrada (URI)

Caixa Postal 709 – 98.400-000 – Frederico Westphalen – RS – Brasil

mateuszagonel@hotmail.com, cristian@cristian.com.br,
rafabe91@gmail.com

Abstract. *School administrators have difficulty identifying places where students are in school and whether they remain in the classroom during the class period. In this sense a technology and a system model that can aid in the control of access and monitoring are, respectively: Radio Frequency Identification (RFID) and the integration of this with a Distributed System (SD). The purpose of this paper is to present a system of access control and monitoring of students in a school integrating logical RFID readers, so that they work in a distributed way to identify places where students are in a classroom.*

Resumo. *Administradores de escolas possuem dificuldades em identificar locais onde alunos se encontram na escola e se estes permanecem na sala durante o período de aula. Neste sentido uma tecnologia e um modelo de sistema que podem auxiliar no controle de acesso e monitoramento são respectivamente: Radio Frequency Identification (RFID) e a integração deste com um Sistema Distribuído (SD). Este trabalho tem como proposta apresentar um sistema de controle de acesso e monitoramento de alunos em uma escola integrando leitores RFID lógicos, de forma que estes trabalhem de forma distribuída a fim de identificar locais onde alunos se encontram dentro de uma sala de aula.*

1. Introdução

A expansão da Internet e a utilização de sistemas computacionais nas mais diversas áreas trouxeram mudanças na vida das pessoas. Atualmente o acesso a grande rede passou a ser algo natural e as pessoas passaram a utilizar esta como um meio de comunicação, de entretenimento e até de negócios. Cada vez mais se aumenta a exigência para que a tecnologia, juntamente com os sistemas desenvolvidos, atinjam o máximo de produtividade com menores custos de tempo e de dinheiro. Neste sentido, da evolução tecnológica, é pertinente citar neste trabalho uma tecnologia e um modelo de organização de *software*, segue respectivamente: *Radio Frequency Identification (RFID)* e *Sistemas Distribuídos (SD)*.

O RFID consiste em uma tecnologia de rastreamento e localização em que, por meio de uma *tag* (etiqueta), objetos são localizados. Para efetuar a localização existem leitores. Estes possuem a lógica de controle das *tags* e são responsáveis por se comunicar por meio de rádio frequência com as etiquetas de forma a identificar estas. A identificação por rádio frequência foi criada inicialmente para substituir códigos de barra impressos em mercadorias.

Os Sistemas Distribuídos surgiram na década de 70 e suas principais características são o trabalho em cooperação, a troca de mensagem pela rede e a divisão de tarefas entre os módulos integrantes. Por operarem em modo cooperativo são amplamente utilizados. De acordo com Coulourius et al (2007) a computação móvel e ubíqua também pode ser considerada um Sistema Distribuído. Nesse sentido faz-se a relação de SD com RFID, pois este último é amplamente utilizado na computação ubíqua, que corresponde a toda forma de computação que se adapta de acordo com o ambiente.

Diante disso, o presente artigo tem por objetivo implementar a integração de RFID em um Sistema Distribuído para controle de alunos em uma sala de aula. O desenvolvimento deste artigo consiste na continuação do Sistema de Controle e Rastreamento de Alunos SCRA, desenvolvido por Zagonel e Machado (2014), com a adição de novas funções de controle. Tais funções contemplam mais quatro aplicações interligadas com a Aplicação Principal. Estas quatro aplicações representam os novos leitores de forma que estes enviem pela rede, por meio de *Sockets*, os dados dos eventos registrados em uma sala de aula para a Aplicação Principal. Esta última fica responsável pelo recebimento dos dados de forma a apresentá-los em tempo real e realizar controles com data e horário dos eventos para posteriormente adicioná-los ao banco de dados.

Com o desenvolvimento deste sistema pode-se representar um caso de implementação real, visto que foi simulada a utilização de quatro leitores enviando mensagens concorrentes pela rede à aplicação principal. Foram adicionadas funções para efetuar controles sobre a quantidade de leituras e uma função para verificar *tags* inativas, para caso algum aluno tirar seu uniforme e deixar a sua *tag* parada por muito tempo.

O trabalho segue a seguinte organização. Na seção 2 são apresentados fundamentos teóricos de RFID e Sistemas Distribuídos. Na seção 3 são apresentadas soluções similares existentes a esta proposta. Na seção 4 é apresentada a solução conceitual por meio de um fluxograma explicativo. Na seção 5, são apresentados os testes realizados e os resultados obtidos para validação do protótipo. Por fim na seção 6, os autores descrevem suas conclusões sobre o assunto e as sugestões para trabalhos futuros

2. Fundamentação Teórica

Nesta seção serão apresentados inicialmente conceitos fundamentais de RFID, pois a aplicação desenvolvida foi integrada com um leitor RFID de baixa frequência com *tags* passivas para realização dos testes. Em seguida serão descritos conceitos de Sistemas Distribuídos, pois foram utilizadas técnicas de programação distribuídas.

2.1 RFID

A tecnologia *Radio Frequency IDentification* (RFID), ou Identificação por Rádio Frequência é formada basicamente por leitores, antenas e etiquetas. As etiquetas se comunicam com o leitor por meio das ondas de rádio localizando e identificando diversos tipos de objetos (MULLER apud FERREIRA e DELGADO, 2010).

Fundamentalmente, as etiquetas RFID fornecem a mesma funcionalidade dos códigos de barra impressos. Porém, a grande diferença é que a identificação não ocorre por contato manual, mas sim, por meio de ondas eletromagnéticas. Desta maneira, para efetuar a comunicação, os leitores verificam as etiquetas que estão ao seu alcance e obtém o seu identificador. Ao obter o identificador, é possível realizar os controles e o tratamento da informação com *softwares* específicos, de acordo com a necessidade, que

pode ser, controlar acesso de pessoas a um ambiente, localizar produtos, automatizar cadastros, destravar portas, entre outros (FERREIRA e DELGADO, 2010; ROUSSOS, 2008, HENRICI, 2008).

2.2 Sistemas Distribuídos

Um sistema distribuído de acordo com Coulourius et al (2007) corresponde a um sistema em que “[...] computadores interligados em rede se comunicam e coordenam suas ações apenas passando mensagens”. Uma segunda definição, de acordo com Tanenbaum e Steen (2007), consiste em um “[...] conjunto de computadores independentes entre si que se apresenta a seus usuários como um sistema único e coerente”.

Uma das principais características de um SD consiste no compartilhamento de Recursos. Pode ser considerado como recurso uma impressora, um arquivo, páginas web ou informações em um banco de dados. Os recursos podem ser providos por servidores e acessados por clientes. Entretanto clientes também podem ser provedores de recursos. Os sistemas distribuídos têm como objetivo trabalhar de forma cooperativa e escalável, em que cada aplicação contribui com uma parcela do sistema (COULOURIUS et al, 2007; LAGE e ALVES, 2015).

Para que um Sistema Distribuído seja funcional, necessariamente este deve possuir uma ligação pela rede entre os módulos integrantes do sistema. Ao iniciar uma comunicação os processos envolvidos (remetente e destinatário) deverão estabelecer uma conexão e definir o protocolo que usarão, para então de fato começarem a efetuar a troca de mensagens. Por essa razão os protocolos de rede são a base dos sistemas distribuídos (TANENBAUM e STEEN, 2007; LAGE e ALVES, 2015).

Os Sistemas Distribuídos são construídos para fins específicos. Dentre as finalidades existem sistemas distribuídos para fins Computacionais, para disponibilização de Informação e Sistemas Embutidos. TANENBAUM e STEEN apud, PASTOR e DUARTE (2017). Neste trabalho o objetivo é apresentar um sistema distribuído para coleta e apresentação de informações.

3. Soluções Existentes

Existem inúmeros trabalhos com a utilização de RFID para controle de acesso e monitoramento. Entretanto nenhum dos encontrados contempla a utilização de leitores distribuídos conforme a proposta deste trabalho.

Em Ribeiro e Azevedo (2013) é apresentada fundamentação teórica com aplicações de RFID, dando ênfase na utilização deste para controle de acesso na educação. É citado também um contraponto de tal utilização, com a visão de pedagogos e diretores envolvidos no projeto. No referido trabalho os autores desenvolvem uma pequena aplicação, integrando esta com um leitor RFID para controle de acesso. A linguagem de Programação utilizada é Java e o leitor RFID é de baixa frequência efetuando a leitura de tags passivas.

Em Teixeira (2011) é realizada uma implementação de RFID para controle de acesso, no sentido de ser um “Ponto Eletrônico”. Neste trabalho é desenvolvido um middleware RFID que é responsável por cadastrar funcionários e tags e efetuar o controle de acesso destes, gravando no banco de dados o horário do evento e o tipo do evento (entrada ou saída). Neste trabalho o autor também utilizou a linguagem Java e um Leitor

RFID de baixa frequência com *tags* passivas. Os resultados do trabalho são satisfatórios e o autor cita inúmeros aprimoramentos no sentido de realizar trabalhos futuros.

Em Berz (2011) são apresentados testes com dados estatísticos de como um leitor RFID de ultra alta frequência se comporta ao controlar crachás inteligentes em um fluxo de pessoas realizando entradas e saídas. É realizada também uma abordagem de como um sistema RFID lida com colisões e múltiplas leituras. Neste trabalho a utilização de RFID é posta em prática e são analisadas variáveis como: posição do leitor, posição da *tag* no usuário, movimento do usuário (entrada/saída), potência do leitor, distância entre a etiqueta e o leitor, entre outros. A linguagem de programação utilizada novamente foi Java. Também foi utilizado um leitor de ultra alta frequência (915 MHz) que efetua leituras de *tags* passivas.

Nos três trabalhos citados pode-se perceber que RFID consiste em uma área de constantes estudos. Fica evidente que a utilização de RFID para controle de acesso e monitoramento é umas das suas principais aplicações, por se tratar de uma tecnologia simples, fácil de ser integrada e com possibilidade de ter as etiquetas reutilizadas. Em Ribeiro e Azevedo (2013), são citados casos reais da utilização de RFID para controle de Alunos em escolas. Nos Estados Unidos a tecnologia RFID é amplamente utilizada para controle de presenças e monitoramento em escolas, a fim de diminuir a evasão escolar. Em tais sistemas são enviadas mensagens de SMS para os responsáveis com o horário de saída e chegada do aluno a escola. Percebe-se que da mesma forma que neste trabalho leitores RFID de baixa frequência com *tags* passivas e a linguagem Java são muito utilizados em protótipos. Entretanto para que qualquer projeto, envolvendo RFID com monitoramento, tenha sucesso, se faz necessário um amplo estudo juntamente com profissionais da educação para que a tecnologia não intimide os alunos nem cause problemas de privacidade com um monitoramento excessivo.

4. Solução Conceitual

Para melhor entendimento do funcionamento da aplicação desenvolvida segue fluxograma na Figura 1 com a solução conceitual. Tal fluxograma representa a interação de uma das quatro novas aplicações desenvolvidas com a aplicação principal. Foi apenas exemplificado de uma delas por as demais seguirem a mesma dinâmica de funcionamento.

Conforme é apresentado na Figura 1, inicialmente, no processamento local de cada um dos leitores é lido o código da *tag* e a data e a hora do evento. Em seguida é feita uma validação da *tag*, em que é consultado no banco de dados se a *tag* está cadastrada e se está associada a um dos alunos. Caso a *tag* satisfaça tais condições, o registro do leitor é enviado para aplicação principal. Se a *tag* for inválida, volta-se a origem e o sistema continua efetuando leituras.

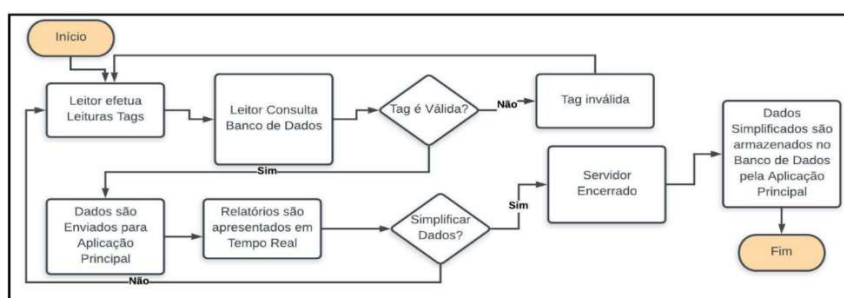


Figura 8. Fluxograma do Sistema

Na aplicação principal são listados todos os eventos coletados pelos leitores denominados: 5, 6, 7 e 8 em tempo real em forma de relatório. Ao receber os dados dos leitores pode-se simplificar estes, ou então continuar recebendo novos dados, conforme é apresentado no Fluxograma da Figura 1. A aplicação principal corresponde a um servidor que recebe os dados dos leitores, quando os dados recebidos são simplificados o servidor é encerrado e então os dados são inseridos no Banco de Dados a fim de se evitar redundâncias. Enquanto os dados não forem simplificados e o servidor não for encerrado, este continuará recebendo e mostrando dados, em tempo real, coletados pelos leitores.

5 Testes e Validação.

Para a realização dos testes foi criado um estudo de caso hipotético de uma escola, elencando um conjunto de informações que representam situações que ocorrem durante o expediente da mesma. É importante salientar que o sistema é flexível, e que todas as informações podem ser alteradas de acordo com as necessidades reais de cada escola. Abaixo seguem as restrições definidas:

- 1) Todos os alunos devem ser considerados cadastrados em uma única turma;
- 2) A turma cadastrada representa o turno vespertino em uma escola qualquer;

Para realização dos testes foram utilizados três alunos, com múltiplas leituras destes na sala de aula. Antes de iniciar os testes, deve-se cadastrar os três alunos e seus respectivos responsáveis. Ao efetuar o cadastramento dos alunos, deve-se associar estes as suas respectivas *tags*. Esses dois procedimentos serão omitidos devido a sua extensão e por serem funções já apresentadas no trabalho anterior.

Para registrar um evento deve-se passar a *tag* no leitor RFID e abrir uma das aplicações que são responsáveis por coletar os dados dos leitores. Ao sair do campo de identificador da *tag* o sistema realiza a validação da *tag*. Caso a *tag* não esteja cadastrada no sistema, este emite mensagem de erro. Outra verificação feita é de que a *tag* esteja associada a um aluno, para que seja possível identificar o dono do uniforme.

Inicialmente foram realizadas quatro leituras do leitor 5 sobre a *tag* com id 1313 e enviados para aplicação principal. A *Thread* que recebe os dados do leitor 5 na aplicação principal atualiza em tempo real os relatórios. Na Tabela 1 são listados os eventos recebidos do leitor 5.

Tabela 1 - Leituras Realizadas pelo Leitor 5 (Print da Aplicação)

Leituras Realizadas da Sala de Aula						
Codigo Evento	Leitor	Nome Aluno	Id Tag	Data	Hora	
1	5	Henrique Pereira	1313	11/04/2017	07:32:50	
2	5	Henrique Pereira	1313	11/04/2017	07:32:56	
3	5	Henrique Pereira	1313	11/04/2017	07:32:59	
4	5	Henrique Pereira	1313	11/04/2017	07:33:02	

Conforme pode-se visualizar na Tabela 1 é apresentado o leitor que efetuou a coleta dos dados, o nome do aluno, o id da *tag*, a data e a hora. Ao receber os dados de leitura da *tag*, as demais funções do formulário de acompanhamento de sala de aula são atualizadas. Na Figura 2, lado esquerdo, é atualizada a imagem fazendo uma marcação com o id da *tag* na área de alcance do leitor. Como pode-se visualizar o número 1313 é marcado na área de alcance do leitor 5, pois a leitura foi efetuada por este leitor. Devido a complexidade de comparações apenas 3 *tags* podem ser testadas ao mesmo tempo neste protótipo de marcação de *tags*. Já no lado direito da referida figura, é apresentado o contador de ocorrências de cada *tag* em cada leitor.

O contador de ocorrências apresentado na Figura 2, lado direito, com o texto “L:5 || IdTag:1313 || Cont:4” corresponde a leitor 5, identificador da *tag*: 1313 e quantidade de leituras: 4.

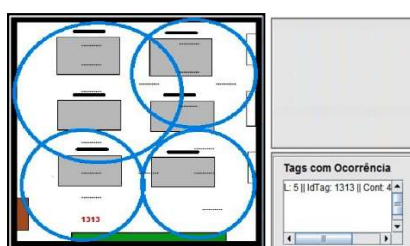


Figura 9 – Posição da *tag* na área de alcance do Leitor (Lado Esquerdo) e Contador de leituras de cada *tag* (Lado direito).

Em seguida foram incluídas mais duas *tags* e inseridos mais eventos nos leitores 5, 6 e 7. Na Tabela 2 é apresentado a inserção dos eventos de número 5 ao 21.

Tabela 2 - Atualização das Leituras Realizadas, evento 5 ao 21

Codigo Evento	Leitor	Nome Aluno	Id Tag	Data	Hora
5	5	Pedro Pereira	101	11/04/2017	07:33:54
6	5	Pedro Pereira	101	11/04/2017	07:33:59
7	5	Pedro Pereira	101	11/04/2017	07:34:03
8	5	Carla da Silva	1010	11/04/2017	07:34:10
9	5	Carla da Silva	1010	11/04/2017	07:34:29
10	6	Carla da Silva	1010	11/04/2017	07:34:34
11	5	Pedro Pereira	101	11/04/2017	07:34:56
12	6	Pedro Pereira	101	11/04/2017	07:35:00
13	5	Henrique Pereira	1313	11/04/2017	07:35:11
14	6	Henrique Pereira	1313	11/04/2017	07:35:20
15	7	Carla da Silva	1010	11/04/2017	07:38:36
16	7	Carla da Silva	1010	11/04/2017	07:38:41
17	7	Carla da Silva	1010	11/04/2017	07:38:44
18	7	Henrique Pereira	1313	11/04/2017	07:38:55
19	7	Henrique Pereira	1313	11/04/2017	07:39:00
20	7	Henrique Pereira	1313	11/04/2017	07:41:27
21	6	Henrique Pereira	1313	11/04/2017	07:41:24

Foram inseridos eventos das *tags* 1313, 101 e 1010. Conforme é apresentado na Tabela 2, inicialmente todas as *tags* tiveram eventos registrados pelo leitor 5, por este estar localizado na porta da sala de aula. Com os últimos eventos inseridos, conforme Tabela 2, a *tag* 1010 deverá estar na marcação que corresponde ao leitor 7. A *tag* 101 deverá estar na marcação que corresponde ao leitor 6. E a *tag* 1313 deverá estar na área de encontro entre os leitores 6 e 7. Para uma *tag* ser marcada em tal área, esta deverá ter leituras ocorridas pelos dois leitores com diferença de até três segundos como é o caso em que pode-se visualizar na Tabela 2, eventos 20 e 21. Na Figura 3 são apresentadas as posições das *tags* atualizadas no lado esquerdo e os contadores de ocorrências ao centro e ao lado direito.

Conforme Figura 3, ao centro, pode-se visualizar a quantidade de leituras de cada leitor sobre cada *tag*. Até o momento a maior ocorrência foi da *tag* 1313 no leitor número

5, com 5 leituras. Na Figura 3, lado direito, pode-se visualizar em porcentagem a quantidade de leituras de cada leitor sobre determinada *tag*. No caso em questão, foi selecionada a *tag* 101, tendo um total de 5 leituras, sendo que 80% destas foram realizadas pelo leitor 5 com 4 leituras.



Figura 10 – Posições das *tags* (Lado Esquerdo) e Contador de Ocorrências (Centro) e Contador em Porcentagem (Lado Direito).

Finalizando a apresentação dos testes segue o relatório que apresenta *tags* inativas. É considerada *tag* inativa aquela que possuir sucessivos registros pelo mesmo leitor durante o período de 2 horas e 30 minutos. Essa função tem objetivo de prevenir que um aluno deixe seu uniforme com a *tag* dentro da sala de Aula e possa deixar a sala de aula sem ter evento cadastrado pelos leitores. Segue Figura 4 com relatório, com um exemplo de *tag* listada como inativa.



Figura 11 – Relatório *tags* Inativas

Os testes realizados constituem hipóteses de casos que poderão ocorrer em um cenário real. Poderiam ser feitos inúmeros outros testes e não apenas estes.

6. Conclusão

Este trabalho apresentou uma pequena aplicação distribuída integrando esta com RFID. A utilização de *Sockets* proporcionou a comunicação entre a aplicação principal e as aplicações distribuídas que representam os leitores adicionados, de forma a simular a utilização destes em um caso real.

Os resultados foram satisfatórios, pois com a utilização de *Threads* foi possível tratar informações enviadas pelos leitores de forma concorrente. Com isso a aplicação principal pode emitir relatórios em tempo real para consulta. Dentre as vantagens pode-se citar a identificação de ocorrências de eventos de cada *tag* em cada Leitor e a listagem do total de eventos registrados por leitor. Dessa forma pode-se identificar o leitor que registra mais eventos. Também foi possível identificar em tempo real os locais onde os alunos estão na sala de aula e identificar a sua movimentação, com os horários em que estes tiveram eventos registrados por cada leitor. Com a função de *tags* inativas, criou-se a possibilidade de identificar uma *tag* com um longo período tendo eventos cadastrados pelo mesmo leitor, o que traduz um uniforme com *tag* abandonado. Quando o sistema listar uma *tag* como inativa, os administradores da escola poderão imediatamente identificar o aluno que esta fora da sala de aula.

Portanto RFID e SD constituem, respectivamente uma tecnologia e um modelo viável para implementação de monitoramento e controle de acesso. A utilização de *Sockets* e *Threads*, de forma simplista, apresentou que é possível desenvolver controles de informações providas de fontes diferentes e em tempo real. Com o desenvolvimento de um sistema mais robusto e sendo integrado este com mais leitores seria possível monitorar em tempo real e com precisão qualquer local da escola.

Como sugestão para trabalhos futuros poderiam ser adicionados mais leitores por toda a escola a fim de cruzar informações providas de leitores de áreas distintas. Com tal função poderia se precisar ainda mais os movimentos dos alunos no ambiente de toda a escola. Também poderiam ser desenvolvidos “buffers” nas aplicações leitoras para que simplificação dos dados fosse realizada na origem diminuindo a carga de trabalho do servidor e a quantidade de registros adicionados.

Referências

- Berz, E. L. (2011). “Predição do Funcionamento de Sistemas RFID Aplicado a Crachás Inteligentes”. Porto Alegre - RS. 96 f. Dissertação de Mestrado em Ciência da Computação da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS).
- Coulourius, G. Dollimore J., Kindberg T. (2007). “Sistemas Distribuídos - Conceitos e Projeto. 4ª ed”. São Paulo: Bookman. 784 p.
- Ferreira, A. A.; Delgado, R. M. (2010). “Sistema de Controle de Eventos Utilizando RFID”. Projeto de Conclusão de Curso Tecnólogo em Informática para Gestão de Negócios-Faculdade de Tecnologia de São José do Rio Preto.
- Henrici, D. (2008). “RFID Security and Privacy: Concepts, Protocols, and Architectures”. Alemanha: Springer, 265 p.
- Lage, W. G.; Alves, I. N. (2015). “A Utilização de Sistemas Distribuídos no Desenvolvimento de Material Instrucional para a Inclusão Digital do Projeto Conhecendo Linux”. Artigo publicado na Revista Ciências Exatas Tecnologia v.10 n.10, p.41-45.
- Pastor, L. P. R.; Duarte, M. (2019). “Sistemas Distribuídos: Conceitos Fundamentais e Técnicas para Implementações em Java RMI”, <http://fatecgarca.edu.br/ojs/index.php/efatec/article/download/77/73/>, Maio.
- Ribeiro, E. V. L.; Azevedo, J. A. D. (2013). “A Utilização da Identificação por Rádio Frequência (RFID) na Educação”. Campos dos Goytacazes - RJ, Monografia de Conclusão de Curso Superior de Tecnologia em Telecomunicações – Instituto Federal Fluminense (IFF).
- Roussos, G. (2008). “Networked RFID: System, Software and Services”. Londres: Springer. 181 p.
- Tanenbaum, A. S.; Steen, M. V. (2007). “Sistemas Distribuídos - Princípios e Paradigmas”. 2. Ed. São Paulo: Pearson. 416 p.
- Teixeira, T. (2011). “Controle do Fluxo de Pessoas Usando RFID”. São José – SC, Monografia de Conclusão de Curso Superior de Tecnologia em Sistemas de Telecomunicações do Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC).
- Zagonel, M. V; Machado, C. C. “Tecnologia RFID: Um estudo de Caso Para Controle de Acesso em uma Escola”, Nov. 2014. Disponível em: <<http://www.pergamum.fw.uri.br/vinculos/000006/0000061c.pdf>>. Acesso em: 25 Abr. 2019.