



CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA



Universidade Federal
de Campina Grande

RAYMUNDO DE AMORIM JUNIOR

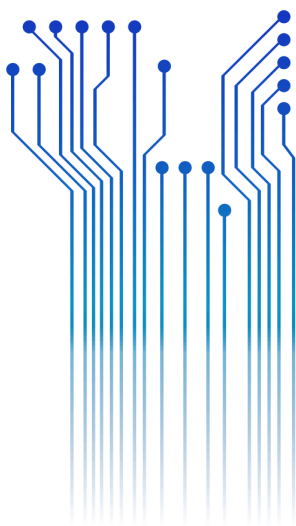


Centro de Engenharia
Elétrica e Informática

RELATÓRIO DE ESTÁGIO
VIABILIDADE E PROTOTIPAÇÃO DA TECNOLOGIA RFID SEM FIO PARA INTERIORES
SAINT-GOBAIN



Departamento de
Engenharia Elétrica



RAYMUNDO DE AMORIM JUNIOR

VIABILIDADE E PROTOTIPAÇÃO DA TECNOLOGIA RFID SEM FIO PARA INTERIORES
SAINT-GOBAIN

*Relatório de Estágio obrigatório realizado na
França, ESISAR-Grenoble/INP submetido à
Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica da
Universidade Federal de Campina Grande
como parte dos requisitos necessários para a
obtenção do grau de Bacharel em Ciências no
Domínio da Engenharia Elétrica.*

Área de Concentração: Telecomunicações

Orientador:
Professor Dr. Glauco Fontgalland

Campina Grande
2017

RAYMUNDO DE AMORIM JUNIOR

VIABILIDADE E PROTOTIPAÇÃO DA TECNOLOGIA RFID SEM FIO PARA INTERIORES
SAINT-GOBAIN

*Relatório de Estágio obrigatório submetido à
Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica da
Universidade Federal de Campina Grande
como parte dos requisitos necessários para a
obtenção do grau de Bacharel em Ciências no
Domínio da Engenharia Elétrica.*

Área de Concentração: Telecomunicações

Aprovado em ____ / ____ / _____

Professor Avaliador

Universidade Federal de Campina Grande
Rômulo Raimundo Maranhão do Valle

Professor Dr. Glauco Fontgalland

Universidade Federal de Campina Grande
Orientador, UFCG

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, em primeiro lugar, por poder me proporcionar estes momentos com saúde.

Gostaria de agradecer também aos meus familiares, minha mãe Rita de Cássia Amorim, meu pai Raimundo de Amorim e meus irmãos e em especial a Rayan e Luana que tanto me apoiaram e me dão força para seguir em frente.

Aos meus colegas com quem tanto vivenciei momentos difíceis mas também os raros momentos de diversão, gostaria em especial citar o nome de meus amigos Frank Wesley e Suelson Lopes que participaram de forma direta e indireta nesta longa jornada nos momentos de stress e alegria.

Dentre os diversos ótimos professores os quais tive oportunidade de vivenciar nesta graduação, gostaria de citar o nome de uma das pessoas que mais participaram da minha formação na graduação com seus ensinamentos e sempre com paciência e humildade no ato de ensinar e exemplificar suas experiências agradeço ao Prof. Glauco por toda sua compreensão e coleguismo com todos que o cercam.

RESUMO

O objetivo geral do estágio é realizar o estudo e a integração da nova unidade desenvolvida no Laboratório de Concepção e Integração de Sistemas (LCIS) visando a integração com os métodos de identificação digital dos produtos da empresa Saint-Gobain. Por isso, devemos inicialmente compreender e quantificar as propriedades eletromagnéticas dos materiais os quais a empresa deseja realizar sua identificação. As propriedades dos materiais em estudo serão quantificadas com os equipamentos disponíveis no LCIS sempre buscando a integração com os materiais da Saint Gobain.

Em seguida, deveremos de realizar um protótipo. Para isto, testaremos um sistema de identificação desenvolvido no laboratório com diferentes materiais já existentes. Uma fase de validação e iterações naturalmente espera-se alcançar um protótipo funcional. Assim, usaremos etiquetas sem chip que já foram estudadas e desenvolvidas no LCIS para posteriormente fazer uma série de simulações a fim de otimizar o protótipo de acordo com as características dos materiais medidos na fase inicial.

Encontros e reuniões regulares entre Saint-Gobain, o laboratório e o esetiquetariário vão ajudar o aluno a compreender as questões técnicas e estratégicas.

Palavras-chave: RFID sem chip, caracterização elétrica, IR-Radar

ABSTRACT

The main objective of the project is a study and integration of new reader developed in the Laboratoire de Conception e Intégration des Systèmes (LCIS) aiming digital identification of the products of Saint-Gobain. For this, it will initially understand and measure the electromagnetic properties of materials Saint Gobain. The properties of the materials will study measures with equipment of LCIS always to integrate with the Saint-Gobain materials

Keywords: Chipless, electrical characterization, IR-Radar.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Ilustração do código de barras	13
Figura 2: Exemplo de um leitor RFID (a) e uma etiqueta RFID com chip (b)	14
Figura 3: (A) Esquema do Princípio de um sistema RFID sem chip, (B) Diferentes famílias de etiquetas RFID.	15
Figura 4: Etapas do projeto proposto pela empresa Saint-Gobain e LCIS.	19
Figura 5: Métodos disponíveis para a caracterização dos materiais Saint-Gobain. (a) método da cavidade ressonante, (b) método da sonda coaxial.	20
Figura 6: Amostras de cartões, estes papéis revestem as placas de gesso da Saint-Gobain.	21
Figura 7: diferentes placas fornecidas pela empresa, (a) vista frontal, (b) vista traseira.	22
Figura 8: Medição com a sonda coaxial	23
Figura 9: permissividade à esq. e tangente de perdas à dir. para as placas saint gobain.	23
Figura 10: Medidas com o pó extraído das placas Saint Gobain.	24
Figura 11: Medidas da permissividade complexa das placas realizadas a partir do pó extraído das placas com o método da sonda coaxial.	24
Figura 12: Representação das etapas para o design e concepção de uma etiqueta sem chip.	25
Figura 13: Diferença entre o modo estrutura e o modo antena de uma etiqueta sem chip.	26
Figura 14: Representação de uma etiqueta de 8 elementos [6].	28
Figura 15: Representação da etiqueta de 6 elementos [8].	28
Figura 16: Representação da etiqueta com três elementos, design final utilizado para a identificação das placas da empresa.	29
Figura 17: Diagrama de blocos do Sistema leitor desenvolvido no LCIS [11].	29
Figura 18: Aquisição do sinal temporal da etiqueta de três elementos utilizando o leitor.	30
Figura 19: Subtração do sinal sem a etiqueta, utilizado pela TCFT. (a) sinal temporal com o sinal de fundo, (b) Subtração do sinal temporal com o sinal de fundo.	30
Figura 20: Janela temporal com vários deslocamentos para o cálculo da FFT que corresponde a TCFT.	30
Figura 21: Janela de soma para obtenção do sinal frequencial. (a) Espectrograma da etiqueta de três elementos, (b) resultado da soma da janela evidenciada.	31
Figura 22: Processo de decodificação utilizando uma etiqueta de 8 elementos.	32
Figura 23: Ilustração do setup de medidas, (a) conexão das antenas com o VNA, (b) medidas na câmara anecoica, (c) medições em co-polarização, (d) medições em polarização cruzada.	33
Figura 24: Modelização do sistema RFID sem chip.	33
Figura 25: medição em modo mono-estático de uma etiqueta despolarizada.	34
Figura 26: Resultados de medida em câmara anecoica para uma etiqueta de oito elementos com a configuração mono-estática, (a) sinal obtido sobre a banda de frequência UWB, (b) espectrograma desta medição.	34
Figura 27: Distância máxima com a configuração mono-estática, (a) Somatório do espectrograma, (B) espectrograma do sinal em câmara anecoica.	35
Figura 28: Medição na câmara anecoica em co-polarização.	36

Figura 29: Comparação dos métodos em co-polarização e polarização cruzada, a uma distância de 35 cm.	36
Figura 30: Vista do leitor em comparação a localização da etiqueta, (a) etiqueta na frente do leitor, (b) vista traseira da etiqueta em relação ao leitor.	37
Figura 31: Medidas onde a etiqueta é colocada sobre as placas da empresa.	37
Figura 32: Medidas onde a etiqueta é posicionada atrás da placa em relação ao leitor.	38
Figura 33: Etiqueta de seis elementos concebida sobre papel e funcionando em co-polarização.	39
Figura 34; Configuração so setup de medição para a etiqueta de seis elementos.	39
Figura 35; Comparação do VNA com o pós-tratamento. (a) soma da janela definida para a etiqueta de seis elementos, (b) espectrograma da etiqueta.	39
Figura 36: Medidas em câmara anecoica das etiquetas de seis elementos, comparação das medições com a etiqueta na vista frontal e traseira em relação ao leitor,	40
Figura 37: Etiqueta com 3 ressoadores.	41
Figura 38: Simulação da SER de uma etiqueta com seis e três elementos.	41
Figura 39: Simulação de vinte configurações diferentes das etiquetas de três elementos.	42
Figura 40: Etiqueta de três elementos – Comparação entre diferentes ambientes de medida e também simulação, (a) medidas de simulação, (b) medidas com o leitor, (c) medidas com o VNA.	43
Figura 41: Banco de medições baseado numa mesa de deslocamento 3D, plataforma ESYNOV.	44
Figura 42: Zona de leitura – cada quadrado representa uma medida realizada, (a) pontos verificados, (b) posição inicial da antena.	44
Figura 43: Medidas com o VNA com a etiqueta de oito elementos, 1331 pontos de medição, a distância máxima é de 30 cm. (a) função de decodificação sem alteraç~ (b) função modificada (aumento do número de pontos lidos).	

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Medidas da permissividade e perdas em função da frequência das amostras disponibilizadas pela Saint Gobain.	21
Tabela 2: Comparação entre medições realizadas com furos na placa e com o pó extraído das placas.	25

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

LCIS	Laboratório de Concepção e Integração de Sistemas
RFID	Identificação por Rádio Frequência
EM	Eletromagnética
UWB	Banda Ultra Larga
IR	Radar de Impulso
FFT	Transformada Rápida de Fourier
TFCF	Transformada de Fourier de Tempo Curto
ID	Identificação
QR	Código de barras

SUMÁRIO

Agradecimentos	vi
Resumo	vii
Abstract.....	viii
Lista de Ilustrações	ix
Lista de Tabelas	x
Lista de Abreviaturas e Siglas	xi
Sumário.....	xii
1 Introdução	13
2 Embasamento Teórico	19
2.1 Caracterização dos materiais.....	19
2.2 Resultados e discussão.....	25
2.2.1 Determinação dos critérios de desempenho	26
2.2.2 Etiquetas RFID sem fio utilizadas no desenvolvimento do projeto	27
2.2.3 O leitor para a tecnologia RFID sem chip.....	29
2.2.4 Pós-tratamento.....	29
2.2.5 Medidas, simulações e validações.....	32
2.2.6 Medidas em câmara anecoica.....	34
2.2.7 Simulações	41
3 Conclusão.....	46
Referências	47
ANEXO A	49
Investimento e retorno sobre o investimento esperado	49

1 INTRODUÇÃO

A identificação automática de mercadorias é amplamente utilizada na indústria, logística, medicina e outras áreas. O objetivo é obter as informações para identificar um produto em trânsito e assegurar a rastreabilidade da cadeia produtiva.

Hoje, o código de barras como mostra Figura 1, é a solução mais comum como a tecnologia de identificação automática. Consiste de um leitor que lê opticamente um rótulo. A etiqueta é criada por impressão de linhas pretas sobre um fundo branco. Com base no número de bandas, sua largura e sua separação, um identificador exclusivo (ID) é gerado. Para codificar mais informações em um espaço menor, tais como QR variantes de códigos têm aparecido recentemente. O custo das etiquetas de código de barras do tipo é extremamente baixo, porque requer papel e tinta clássica. Além disso, os leitores de código de barras também são muito baratos. É também de notar que as câmeras de telefones móveis, fazendo imagens de alta definição, podem ser usadas para ler o código de barras.

FIGURA 1: ILUSTRAÇÃO DO CÓDIGO DE BARRAS



A fim de superar as limitações dos códigos de barras, tecnologia RFID (Identificação por Rádio Frequência) foi desenvolvida nos últimos anos (Figura 2). Sistemas RFID são usados para recuperar remotamente dados de objetos de destino (etiquetas) sem ser necessário ter contato físico ou uma linha direta de visão, usando

ondas eletromagnéticas (EM). Com alguns sistemas RFID, também é possível medir vários rótulos ao mesmo tempo e reescrever as informações em etiquetas [2].

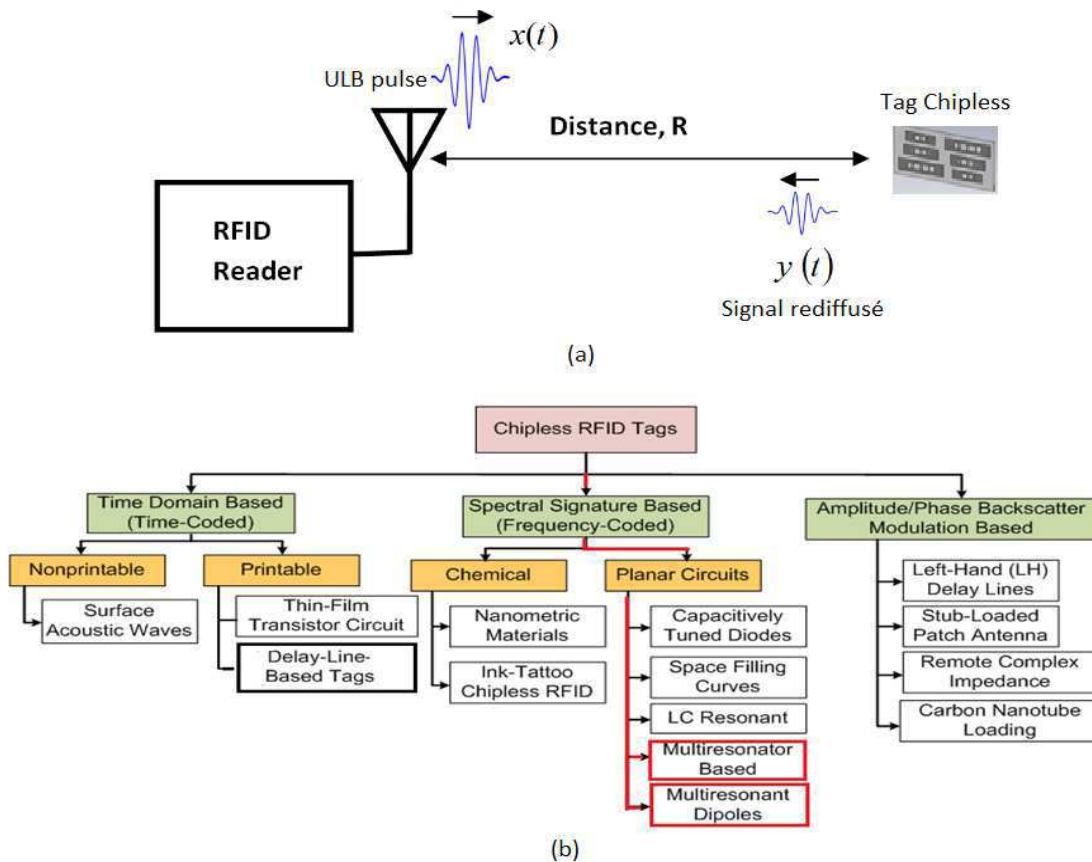
FIGURA 2: EXEMPLO DE UM LEITOR RFID (A) E UMA ETIQUETA RFID COM CHIP (B)



A tecnologia RFID sem chip, que é o tema principal do trabalho realizado, vem como um intermediário entre as duas tecnologias mencionadas acima. Na verdade, o RFID sem chip combina as características das tecnologias acima mencionadas. No lugar de armazenar o identificador em um circuito integrado, é armazenado sob um condutor de cobre montado sobre um substrato qualquer formando assim o identificador (etiqueta). As geometrias das pistas de cobre mudam de um etiqueta a outra.

Há uma relação de direta entre a geometria da etiqueta e a assinatura eletromagnética que irá retornar a etiqueta quando for submetida por uma onda eletromagnética. Figura 3(A) mostra o diagrama esquemático de um sistema RFID sem chip. É importante notar que as etiquetas sem chip não podem mudar suas informações, uma vez feitas, suas características físicas são permanentes. Atualmente, existem muitas famílias de etiqueta RFID sem chip, conforme mostrado na Figura 3(B).

FIGURA 3: (A) ESQUEMA DO PRINCÍPIO DE UM SISTEMA RFID SEM CHIP, (B) DIFERENTES FAMILIAS DE ETIQUETAS RFID.



Outro aspecto importante para o desenvolvimento dessa nova tecnologia diz respeito as normas sobre o espectro disponível bem como a potência de emissão. Por esta razão utilizamos a tecnologia UWB (Ultra Wide Band). A tecnologia da UWB usa alguns pulsos muito curtos (da ordem de nano segundo) no domínio do tempo. Esses pulsos cobrem uma banda espectral de 3 a 10 GHz.

Um esforço considerável do RFID é atualmente acompanhado pelo desenvolvimento de muitas tecnologias que complementam a oferta existente, tudo procurando resolver as novas problemáticas impostas. RFID sem é um exemplo. Neste caso a etiqueta sem chip possui apenas uma Superfície Equivalente do Radar (SER) para codificar o seu identificador único. A tecnologia sem chip é muito atraente, na medida em que esta abordagem abre o caminho para o desenvolvimento de sistemas de comunicação em que as etiquetas terão em termos de custo e simplicidade de implementação características semelhantes aos códigos de barra. A grande vantagem

aqui é que a leitura baseada em ondas de rádio frequência é operada remotamente e sem a necessidade de contato.

Uma parte importante do trabalho desenvolvido na equipe de ORSYS de LCIS, focada no desenvolvimento de abordagens tecnológicas inovadoras a fim de demonstrar o potencial prático e econômico do RFID sem chip. Várias barreiras foram quebradas e agora graças a estes avanços, a tecnologia sem chip demonstra realmente um baixo custo que agora não passa apenas de um conceito, mas também uma realidade. Assim, a densidade de codificação, a robustez de detecção, orientação de leitura, o custo de etiquetas e leitores, a questão da conformidade com as normas de emissão são temas muito alto impacto que têm sido tratados e aonde perguntas vem sendo tratadas com o aporte científico.

O projeto é formado de uma colaboração de pesquisa entre a empresa Saint-Gobain e o laboratório LCIS. Destina-se a avaliar o potencial tecnológico e econômico da solução sem chip aplicado a certas necessidades da Saint-Gobain

O projeto apresentado neste manuscrito é dividido em várias partes, lembrando o contexto e questões estratégicas do estágio, detalharemos as especificações.

A Saint-Gobain/Pesquisa-França é um dos principais centros de pesquisa do grupo Saint-Gobain. Centro de multi-competências científicas, identificamos os produtos do futuro e participamos da criação de novas matérias e processos para diferentes atividades da Saint-Gobain

Saint-Gobain, líder mundial em habitat, trazendo soluções inovadoras para os principais desafios do nosso tempo: crescimento, energia e ambiente - investe cerca de 370 milhões de euros em pesquisa e desenvolvimento em seus centros 15 de R&D e sua centena de unidades espalhadas pelo mundo. Saint-Gobain/Pesquisa é uma das grandes plataformas tecnológicas mundiais, com CREE (Cavillon, França) e além dos NWRDC (localizado perto da plataforma de Boston nos EUA) e Saint-Gobain pesquisa Shanghai (plataforma asiática na China). Localizado em Aubervilliers em Seine-Saint-Denis, Saint-Gobain/Pesquisa é instalada em uma antiga fábrica em Saint-Gobain que data do século XIX e registrada no inventário do património industrial.

Hoje renovado, o centro de pesquisa abrange 20.000 metros quadrados de laboratórios e escritórios e hospeda mais de 350 pessoas dedicadas à procura de novos produtos e processos para todas as atividades do grupo. Catherine Langlais é o Chief Executive Officer da Saint-Gobain pesquisa desde 2000 e Hervé Arribart, atualmente presidente da Comissão Internacional sobre vidro, é o diretor científico.

Saint-Gobain/Pesquisa realiza pesquisas em projetos de desenvolvimento do diferente polos da Saint-Gobain (vidros, identificação de produtos, materiais de alta Performance, produtos para a construção, embalagem e distribuição) onde temos que adquirir as habilidades que serão necessárias para o desenvolvimento da Saint-Gobain. Saint-Gobain/Pesquisa incentiva seus pesquisadores para contribuir para a inovação do grupo, em conjunto com as equipes técnicas e de marketing dos polos. Um programa de pesquisa exploratória, liderado por Hervé Arribart é parte deste dispositivo. Que atribui particular para ver o que a evolução científica no mundo acadêmico internacional pode trazer para os produtos e mercados da Saint-Gobain. O centro de pesquisa também presta assistência a Saint-Gobain empresas envolvidas como peritos em problemas nas linhas industriais; e serviços científicos e tecnológicos oferecidos.

Centro do grupo de pesquisa histórica, pesquisa da Saint-Gobain desenvolveu muitas técnicas e conhecimentos específicos na área do vidro, a escolha do material primeiro para desenvolver novas composições até as camadas finas de trazer características vidro, fibras, garrafas. Saint-Gobain/Pesquisa está também a desenvolver novos temas de pesquisa para se adaptar às evoluções do grupo Saint-Gobain. Aplicar habilidades de matemática para atender às necessidades de otimização logística do polo de distribuição.

Do lado LCIS, os trabalhos de pesquisa desenvolvidos no âmbito do grupo ORSYS giram em torno do uso de sinais de rádio frequência (RF) e tecnologia sem fio / (Wireless) e ótica para comunicação, processamento de sinal e medição. Os Membros ORSYS são especialistas em RF e Optoeletrônica, especialmente, design, otimização e comunicadores, híbridos ou medida de sistemas integrados. Os sistemas estudados incluem sem contato / sem fio (Wireless), como as tecnologias RFID e a Banda Ultra larga (UWB). Pesquisas necessitam estritamente de ferramentas profissionais como CAD para RF design e simulação eletromagnética, particularmente de antenas, bem

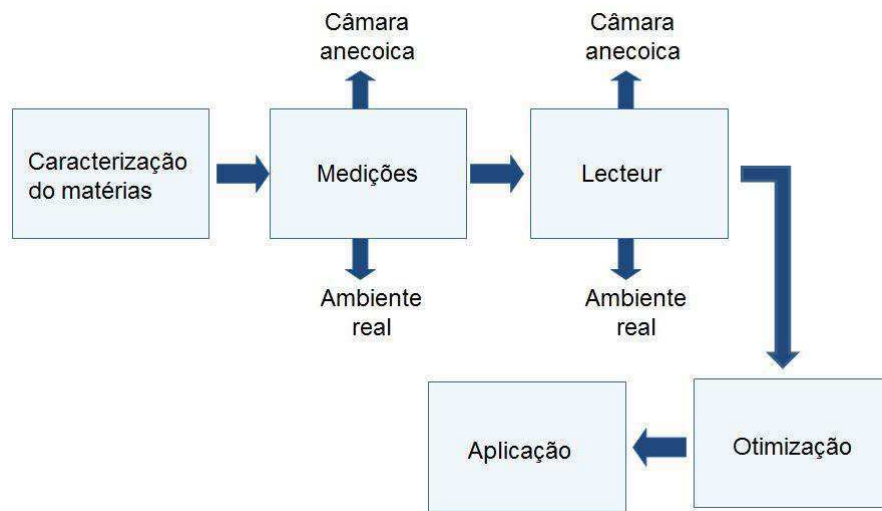
como medições de RF e Optoeletrônica particularmente desenvolvidas em uma das salas anecóicas.

Os trabalhos do grupo são parte de várias colaborações acadêmicas e industriais tanto a nível nacional como internacional. O grupo é um parceiro em projetos liderados pelos polos de competitividade: Minalogic, Saint-Gobain, Techtera e SCS. Os membros ORSYS estão presentes em muitas conferências e eventos (IEEE, URSI...) a nível nacional e internacional, muitas vezes como organizadores ou convidados.

Na Figura 4 é descrito esquematicamente as diferentes fases do projeto. Então começaremos com a caracterização da placa de gesso para avaliar o desempenho EM dos materiais em que as etiquetas serão submetidas. Para fazer isso, diferentes métodos de caracterização serão usados a fim de obter bons detalhes que ajudarão a desenvolver etiquetas compatíveis com os materiais da Saint-Gobain. Após essa etapa com diferentes etiquetas já presentes em LCIS diferentes configurações serão testadas na sala anecóica e em ambiente real. Diferentes dispositivos de medição também são mobilizados para estas etapas como (VNA) que será nosso dispositivo de referência. A dinâmica e a precisão da medição é muito maior do que um pode ter com outros equipamentos, incluindo o leitor sem chip de tempo equivalente desenvolvido LCIS. Então, os testes com o leitor nos dará um resultado perto de que seria possível ter na prática, ou seja, de equipamento compatível para o uso industrial. Uma vez que o desempenho do leitor com das etiquetas sobre os produtos da Saint-Gobain fora finalizado, um estágio de otimização será iniciada, visando sempre os resultados já computados. Para isso será usado o simulador do CST.

Esse software de concepção de circuitos de RF permitirá ver o impacto de diferentes tipos de materiais na presença das etiquetas. Vamos considerar particularmente avaliar o impacto da perda dos materiais papel presentes na placa de gesso. A caracterização do desempenho do sistema completo (leitor / etiqueta / objeto) será realizada, o escopo de leitura, área de leitura, a polarização da onda, a velocidade de apresentação dos resultados são parâmetros que serão avaliados durante este estudo.

FIGURA 4: ETAPAS DO PROJETO PROPOSTO PELA EMPRESA SAINT-GOBAIN E LCIS.



2 EMBASAMENTO TEÓRICO

3 CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAIS

O desempenho elétrico e a confiabilidade da maioria dos componentes utilizados para sistemas de RF dependem do dielétrico utilizado. Por essa razão, a caracterização dos dielétricos para as frequências de RFID sem chip é essencial. As caracterizações destinam-se a determinar a constante dielétrica e a tangente da perda dos materiais selecionados pela Saint-Gobain na frequência variam de 3 a 6 GHz. Para as medições, usamos dois métodos disponíveis no LCIS, o método da cavidade ressonante e o método da sonda coaxial que podem ser vistos na Figura 5.

FIGURA 5: MÉTODOS DISPONÍVEIS PARA A CARACTERIZAÇÃO DOS MATERIAS SAINT-GOBAIN. (A) MÉTODO DA CAVIDADE RESSONANTE, (B) MÉTODO DA SONDA COAXIAL.



A Saint-Gobain selecionou um número de materiais que eram compostos de gesso no seu interior e cobertos por um tipo de cartão. Essas placas são feitas de um material de gesso, cobertos de cada lado com um cartão de camada fina (menos de um milímetro). Camadas de papelão são vistas na Figura 6. A Saint-Gobain forneceu quatro amostras diferentes de com diferentes composições de gesso. Eventualmente, a ideia seria imprimir diretamente os padrões condutivos nesses materiais, a caracterização dos cartões (separada da parte de gesso) é importante. Para fazer isso, usamos a cavidade ressonante, que é um método que é perfeitamente adequado para este tipo de caracterização de materiais.

FIGURA 6: AMOSTRAS DE CARTÕES, ESSES PAPÉIS REVESTEM AS PLACAS DE GESSO DA SAINT-GOBAIN.

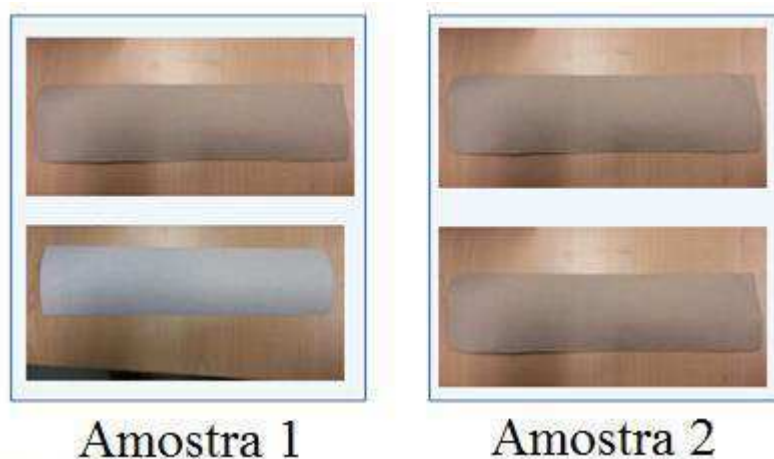


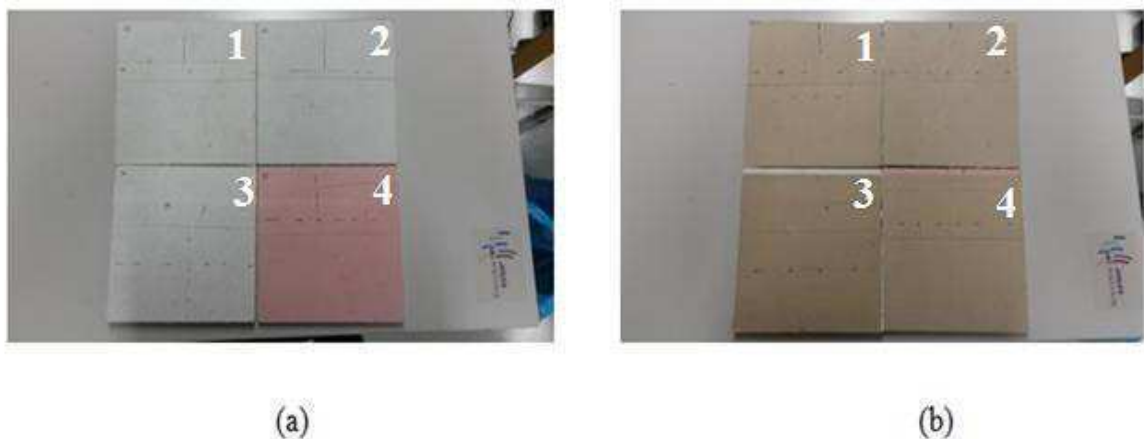
TABELA 1: MEDIDAS DA PERMISSIVIDADE E PERDAS EM FUNÇÃO DA FREQUÊNCIA DAS AMOSTRAS DISPONIBILIZADAS PELA SAINT GOBAIN.

Amostra 1			
Freq[GHz]	Real(ϵ')	Imag(ϵ'')	Tan(δ)
0.814803	3.910342	0.399351	0.102127
1.277841	3.799823	0.477671	0.125709
1.889929	3.673761	0.440690	0.119956
2.545668	3.593652	0.410819	0.114318
3.218513	3.543497	0.393073	0.110928
3.899600	3.502499	0.373742	0.106707

Amostra 2			
Freq[GHz]	Real(ϵ')	Imag(ϵ'')	Tan(δ)
0.814972	3.658103	0.380160	0.103923
1.278172	3.540714	0.374772	0.105847
1.890428	3.453724	0.344889	0.099860
2.546334	3.395569	0.326124	0.096044
3.219352	3.356572	0.312296	0.093040
3.900608	3.324526	0.303199	0.091201

Nesta parte, apresentaremos os resultados das caracterizações feitas em placas na Saint-Gobain.

FIGURA 7: DIFERENTES PLACAS FORNECIDAS PELA EMPRESA, (A) VISTA FRONTAL, (B) VISTA TRASEIRA.



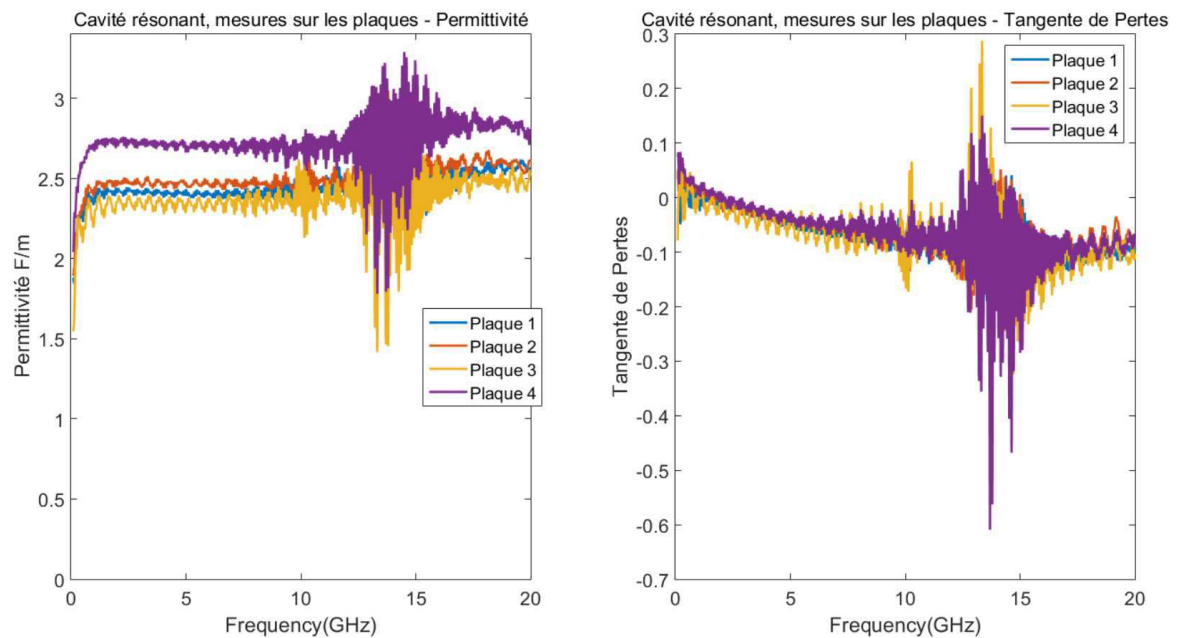
No que concerne as medições onde alguma placas de gesso têm espessuras superiores a 3 mm, não é possível usar a cavidade ressonante para a caracterização EM desses materiais. Neste caso, temos de recorrer à outra tecnologia de medição baseada na utilização de uma sonda coaxial (85070E dielétrica sonda Kit). O interesse desse método é que ele é compatível com a forma das amostras. No entanto, essa técnica é menos precisa do que o anterior, porque não é possível extrair tangentes de perdas abaixo de 0,5. Na verdade, isso limitará a precisão das nossas medições.

A sonda coaxial é conectada ao VNA como vemos na Figura 5 (b). Uma primeira abordagem utilizada nas medições será fazer furos no material (Figura 8), a fim de introduzir a sonda no interior do material. Incorporar completamente a sonda permite melhorar a precisão das medições. Vários buracos foram feitos a fim de obtermos uma média ao longo de várias medidas e assim reduzir os erros nas medições que poderiam vir a surgir, por exemplo, da homogeneidade do material. A medição do coeficiente de reflexão S_{11} é tomada pelo equipamento, este sendo ligada a permissividade complexa do material presente na extremidade da sonda, assim será possível deduzir a permissividade complexa do material em estudo [17].

FIGURA 8: MEDIÇÃO COM A SONDA COAXIAL



FIGURA 9: PERMISSIVIDADE À ESQ. E TANGENTE DE PERDAS À DIR. PARA AS PLACAS SAINT GOBAIN.



A Figura 9 mostra os resultados de medição. Como podemos ver a tangente de perdas apresenta um valor não aceitável (valor negativo), que significa que as perdas de amostras são mais baixas do que a sensibilidade fornecida pelo fabricante ($\tan\delta < 0,05$).

Uma segunda técnica de medição também foi testada: em vez de inserir a sonda nos furos feitos com antecedência, recuperamos o pó de gesso, com o qual o material é feito. Esse pó foi prensado, e em seguida a sonda foi colocada em seu interior como mostrado na Figura 10.

FIGURA 10: MEDIDAS COM O PÓ EXTRAÍDO DAS PLACAS SAINT GOBAIN.



As novas medidas são apresentadas na Figura 11. Em comparação com medições anteriores dos furos (Figura 9), há uma boa correspondência. Observa-se, no entanto, que este segundo método de medição é mais reprodutível do que o primeiro e certifica-se de que o material ao redor da sonda é mais homogêneo. Este último ponto é importante na medida em que essas caracterizações continuam muito sensíveis à manipulação, e o segundo método é o que obtivemos maior reprodutibilidade.

FIGURA 11: MEDIDAS DA PERMISSIVIDADE COMPLEXA DAS PLACAS REALIZADAS A PARTIR DO PÓ EXTRAÍDO DAS PLACAS COM O MÉTODO DA SONDA COAXIAL.

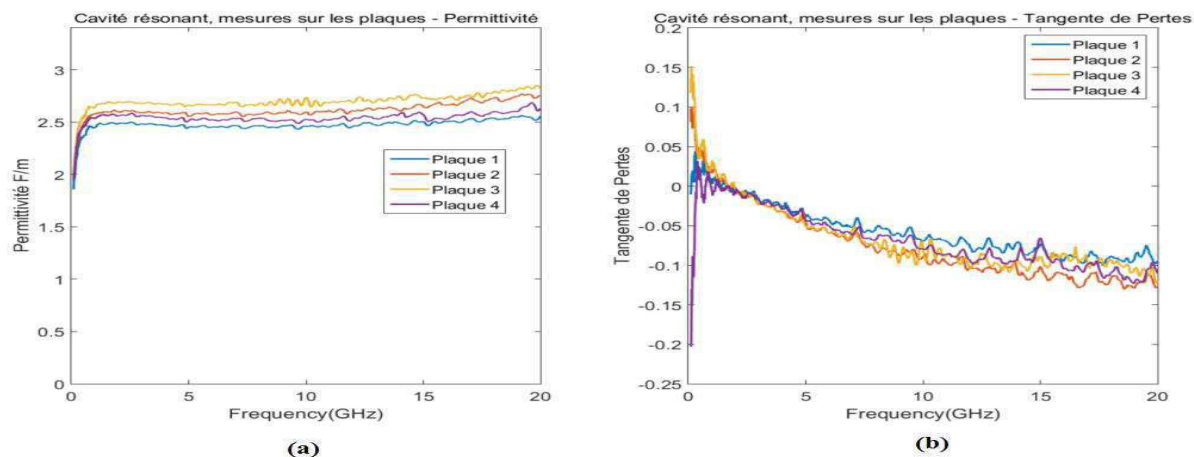


TABELA 2: COMPARAÇÃO ENTRE MEDIÇÕES REALIZADAS COM FUROS NA PLACA E COM O PÓ EXTRAÍDO DAS PLACAS.

Sample(ϵ')	0 – 20GHz	0 – 20GHz
	Trou	Poudre
1	2,4457	2,4755
2	2,4801	2,616
3	2,3706	2,6997
4	2,7235	2,543

Na Tabela 2 podemos ver a permissividade de cada placa na Saint-Gobain em uma escala de 0-20 GHz.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para o desenvolvimento de etiquetas sem chip, as diferentes etapas para o desenho das etiquetas são apresentadas na Figura 12. O desempenho que pode ser alcançado em termos de robustez da leitura, distância de detecção está diretamente relacionada com a geometria da etiqueta e a maneira em que a informação é codificada.

FIGURA 12: REPRESENTAÇÃO DAS ETAPAS PARA O DESIGN E CONCEPÇÃO DE UMA ETIQUETA SEM CHIP.

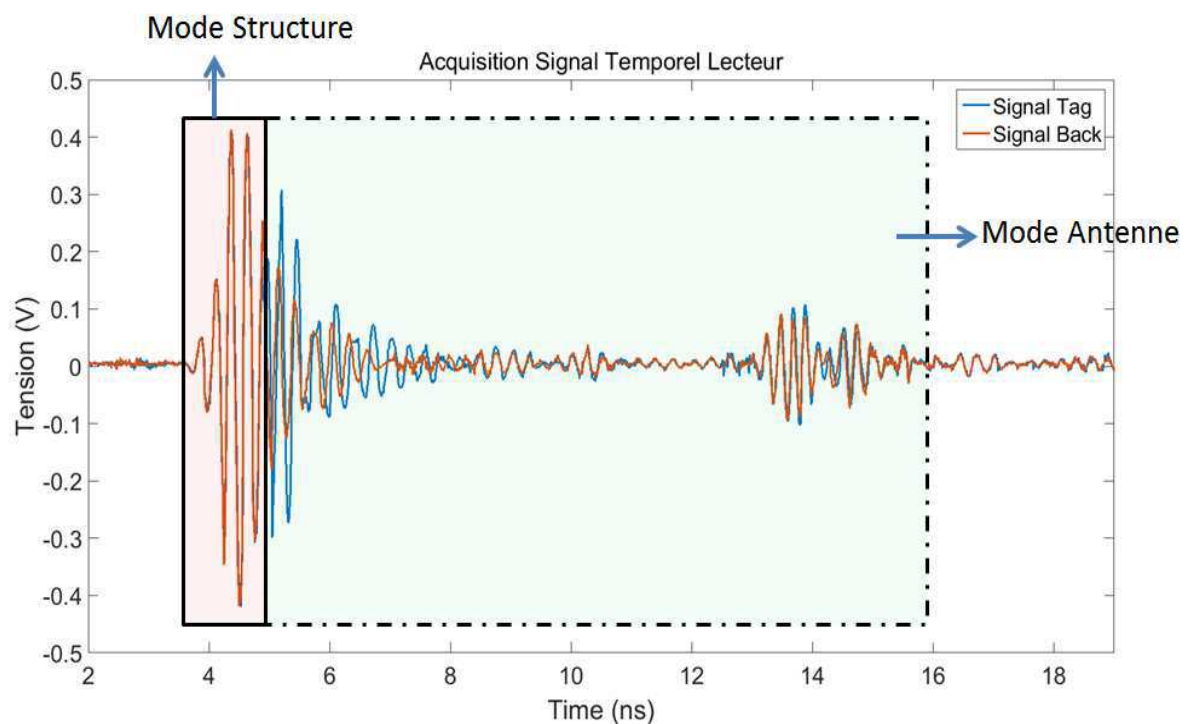


Comparado com o mecanismo de retro difusão da etiqueta, um sinal na forma de um pulso muito curto, portanto, de banda larga, é emitido pelo leitor. Por questões de eficiência, componentes de frequência útil do sinal devem ser espalhados sobre o espectro inteiro da resposta eletromagnética da etiqueta.

Em geral, a resposta da etiqueta, consiste em dois componentes facilmente identificáveis quando se olha para o sinal de tempo. Existe, portanto, o modo de estrutura e o modo de antena. O modo estrutural está relacionado com reflexões sobre o

substrato ou colchetes em torno da estrutura condutora, bem como o acoplamento entre as várias estruturas condutoras. O segundo mecanismo, o modo de antena, contém informações sobre os ressonadores da etiqueta, ou seja, sua identificação. Levando em conta a medição dessa estrutura, esse segundo modo leva mais tempo do que o modo de estrutura que permite de isolá-lo temporalmente como mostrado na Figura 13.

FIGURA 13: DIFERENÇA ENTRE O MODO ESTRUTURAL E O MODO ANTENA DE UMA ETIQUETA SEM CHIP.



As respostas eletromagnéticas das etiquetas são a superposição do modo estrutural, com o modo de antena.

4.1.1 DETERMINAÇÃO DOS CRITÉRIOS DE DESEMPENHO

O primeiro critério para uma etiqueta sem chip é a superfície equivalente radar (SER, ou RCS em inglês). Ela permite a identificação da distância de leitura, em outras palavras, o nível de potência recebido pelo leitor.

O segundo critério para uma etiqueta sem chip é sua seletividade. Para garantir uma codificação densa em uma determinada largura de banda, deve ser capaz de gerar

ressonâncias com larguras de banda muito estreitas. Obviamente, a seletividade está relacionada com o fator de qualidade do ressonador, que deve ser a maior possível.

O terceiro fator é a área ocupada pela estrutura.

O quarto fator é a polarização do sinal EM retransmitido pela etiqueta. Ou seja, dependendo da polarização da onda, a técnica de recuperação do sinal é mais ou menos eficaz. Codificação por exemplo das informações sobre a polarização cruzada (polarização perpendicular da onda incidente) faz com que a etiqueta seja muito mais robusta em relação a leitura.

O suporte em que a etiqueta é feita tem um impacto direto sobre o desempenho em leitura deste último. De fato, uma etiqueta sem chip é feita sobre um substrato tal que é dado para garantir o desempenho máximo. O parâmetro de discriminação aqui é, muitas vezes, as perdas do substrato. Na verdade, perdas significativas conduzem a uma atenuação do sinal, que também se traduz em uma redução significativa no fator de qualidade e a capacidade de codificação. Essa é a razão por que é essencial para caracterizar o objeto (aqui as placas de gesso) na qual a etiqueta será concebida.

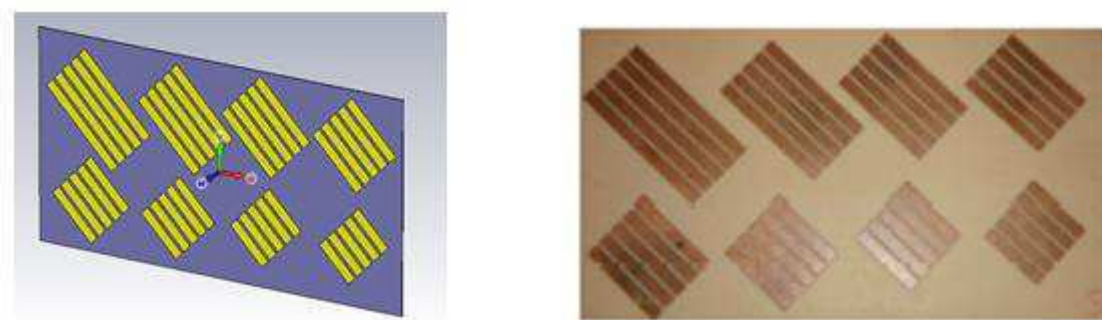
4.1.2 ETIQUETAS RFID SEM FIO UTILIZADAS NO DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

Conforme descrito anteriormente, o objetivo é ver desempenho usando etiquetas já presentes no LCIS colocando-as nos materiais Saint-Gobain. Dependendo dos resultados, um projeto de software EM permitirá compreender os fenômenos observados e em seguida adaptar as etiquetas com os parâmetros já conhecidos dos produtos Saint-Gobain.

ETIQUETA DE 8 ELEMENTOS

Essa etiqueta tem a característica de operar com polarização cruzada. De fato, a influência dos dipolos virado 45° é de depolarização: logo quando uma onda polarizada verticalmente incide sobre os ressonadores, os ressonadores retornaram uma onda polarizada horizontalmente. Como mostrado na Figura 9, essa etiqueta possui um plano de massa e foi feita em um substrato de Rogers 4003 que tem uma permissividade de 3,9 F/m e tangente de perdas de 0,0027.

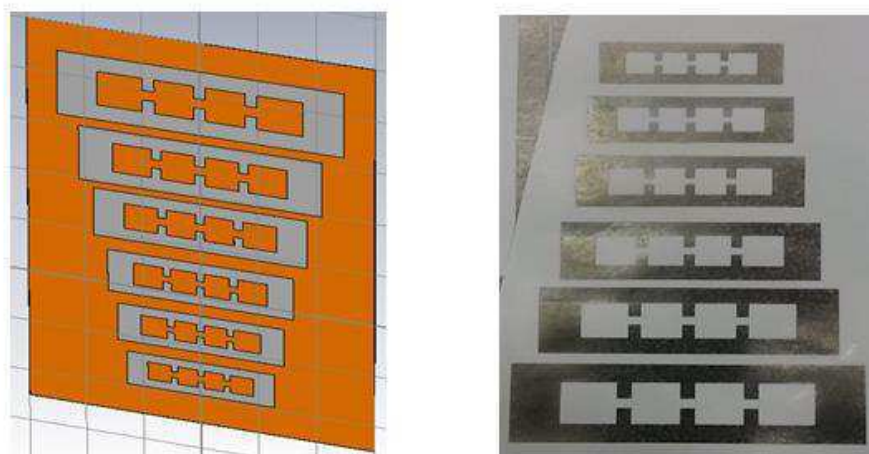
FIGURA 14: REPRESENTAÇÃO DE UMA ETIQUETA DE 8 ELEMENTOS [6].



ETIQUETA DE 6 ELEMENTOS

Essa etiqueta foi projetada para ser impressa em papel com o objetivo de reduzir significativamente o custo de implementação. Com essa aproximação estamos buscando sempre a equivalência em termos de preço com o código de barras. Observou-se que o substrato de papel tem uma forte atenuação, ou seja, uma tangente de perdas grande (da ordem de 0,1), então o sinal de retransmitido é altamente atenuado. Essa etiqueta funciona em co-polarização, o que significa que sua detecção em um ambiente real é mais delicada do que a etiqueta com 8 elementos.

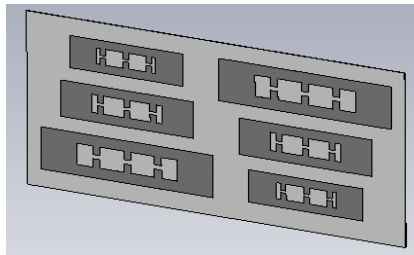
FIGURA 15: REPRESENTAÇÃO DA ETIQUETA DE 6 ELEMENTOS [8].



ETIQUETA 3 ELEMENTOS

Essa etiqueta foi concebida a partir da etiqueta de seis elementos visando um maior SER É apresentado na Figura 11. Notamos que dos seis ressonadores apenas três são diferentes.

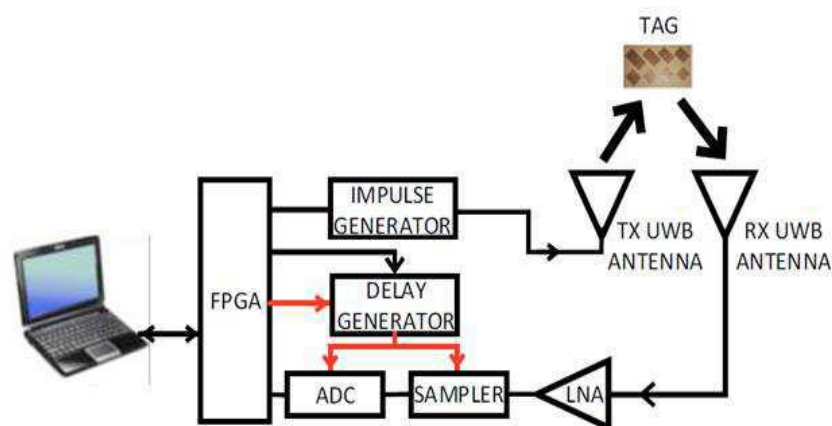
FIGURA 16: REPRESENTAÇÃO DA ETIQUETA COM TRÊS ELEMENTOS, DESIGN FINAL UTILISADO PARA A IDENTIFICAÇÃO DAS PLACAS DA EMPRESA.



4.1.3 O LEITOR PARA A TECNOLOGIA RFID SEM CHIP

O leitor o qual propõe o LCIS é projetado para ser mais barato do que as outras soluções disponíveis no mercado. Usando componentes de baixo custo e implementando soluções inovadoras, o laboratório será capaz de atingir o seu objetivo. O diagrama do jogador é representado na Figura 17.

FIGURA 17: DIAGRAMA DE BLOCOS DO SISTEMA LEITOR DESENVOLVIDO NO LCIS [11].



4.1.4 POS-TRATAMENTO

Conforme descrito anteriormente, a parte de pós-processamento é um passo de grande importância no processo decisório do identificador da etiqueta. Em geral, fizemos duas etapas: a primeira é a medida feita sem a presença da marca (que vai chamá-lo de plano de fundo). Esta medida permite captar reflexões, especialmente aqueles presentes permanentemente como as reflexões em nível da antena, acoplamento entre as antenas ou mesmo influência parte do ambiente perto do leitor. Em seguida, nós efetuamos a medidas junto com a etiqueta, como podemos ver na Figura 18. Dessa

forma realizamos a subtração algébrica do sinal de volta com o sinal da etiqueta (ver Figura 19), a fim de eliminar os ecos sistemáticos. E por fim, aplicamos ao sinal temporal a Transformada de Fourier de Curto-Tempo (TFCT) (ver figura 20).

FIGURA 18: AQUISIÇÃO DO SINAL TEMPORAL DA ETIQUETA DE TRÊS ELEMENTOS UTILISANDO O LEITOR.

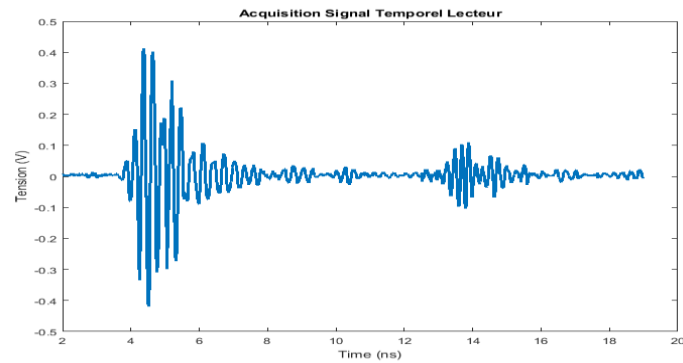


FIGURA 19: SUBTRAÇÃO DO SINAL SEM A ETIQUETA, UTILIZADO PELA TCFT. (A) SINAL TEMPORAL COM O SINAL DE FUNDO, (B) SUBTRAÇÃO DO SINAL TEMPORAL COM O SINAL DE FUNDO..

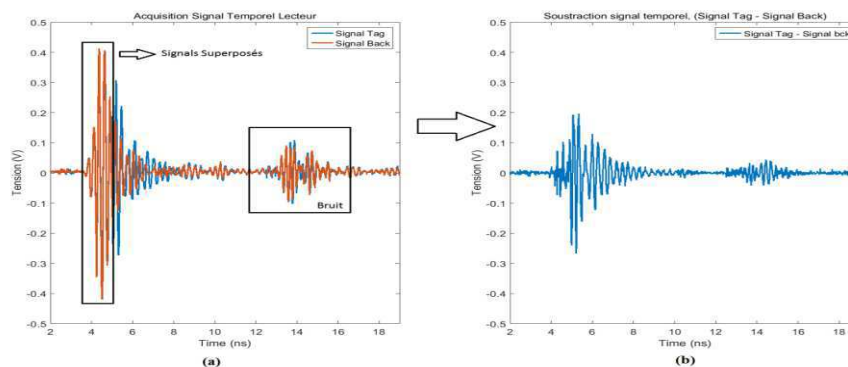
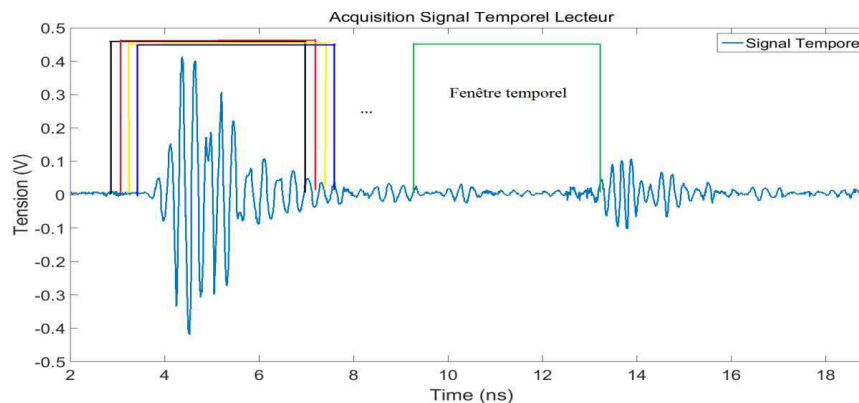
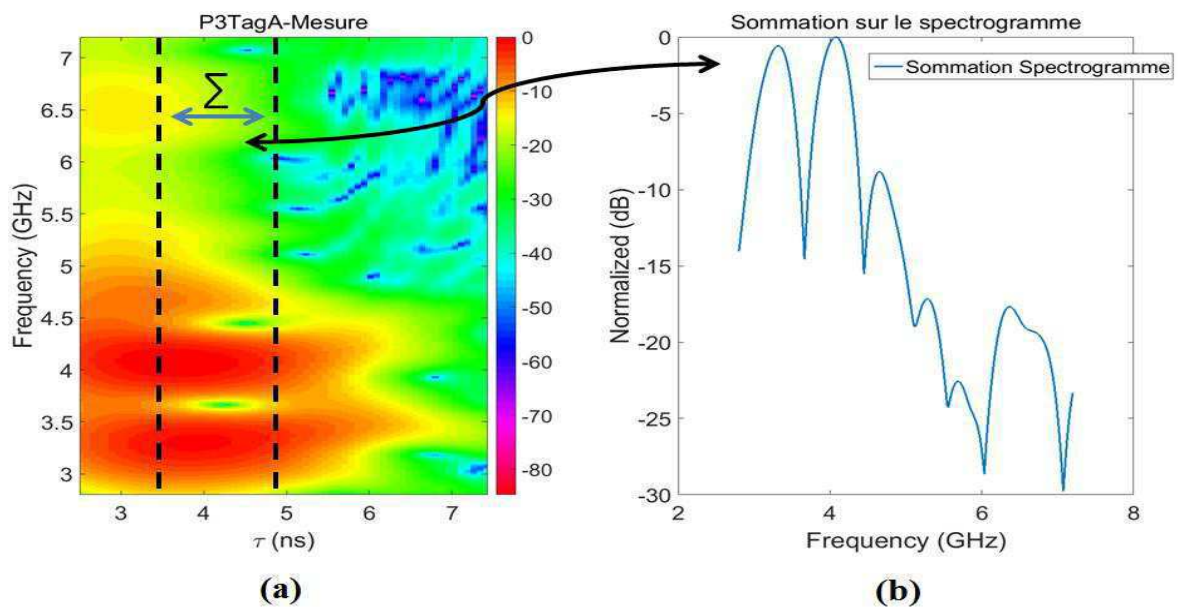


FIGURA 20: JANELA TEMPORAL COM VÁRIOS DESLOCAMENTOS PARA O CÁLCULO DA FFT QUE CORRESPONDE A TCFT.



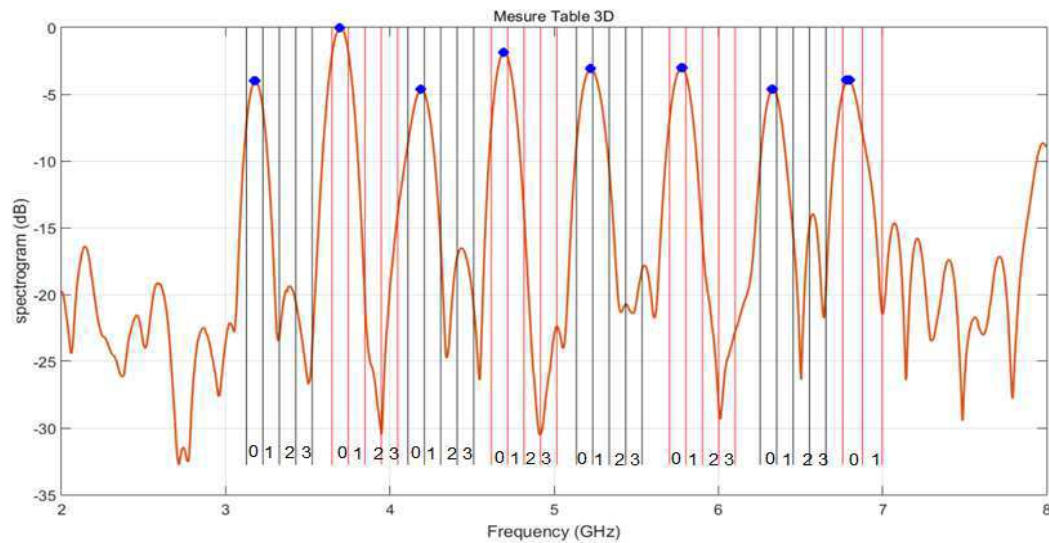
Então, a TFCT nos dá a possibilidade de reconstruir o sinal na forma de um espectrograma, que é um diagrama de tempo-frequência. Então temos uma representação em 3D para a decisão na identificação da etiqueta. Para fazer isso, vamos selecionar uma área onde só a etiqueta está presente no espectrograma (separação temporal). Dali em diante, é possível invocar cada vez dentro do intervalo especificado (ver figura 21) para que uma curva expressa em uma frequência que nos permitirá decodificar as informações de Etiquetas.

FIGURA 21: JANELA DE SOMA PARA OBTENÇÃO DO SINAL FREQUENCIAL. (A) ESPECTROGRAMA DA ETIQUETA DE TRÊS ELEMENTOS, (B) RESULTADO DA SOMA DA JANELA EVIDENCIADA.



Desse processo, recuperamos informações adicionando um estágio final de decodificação, como mostrado na Figura 22. Nesse caso, procuramos recuperar as posições dos picos na faixa de frequência que nos interessa. A posição dos picos em relação ao as janelas será vinculada para um código binário por exemplo.

FIGURA 22: PROCESSO DE DECODIFICAÇÃO UTILIZANDO UMA ETIQUETA DE 8 ELEMENTOS.



4.1.5 MEDIDAS, SIMULAÇÕES E VALIDAÇÕES

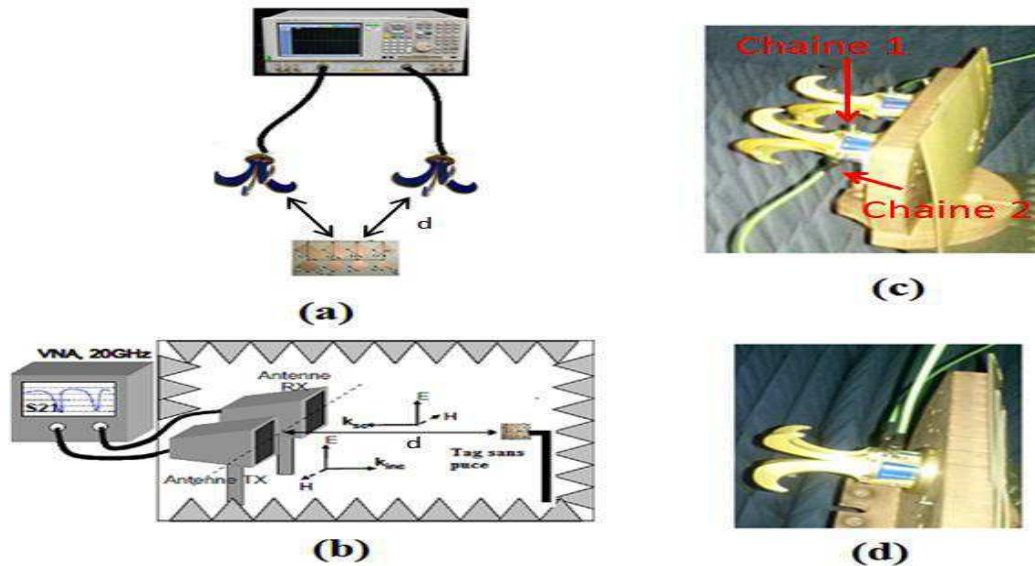
O problema que já lidamos durante este estágio tem sido usar etiquetas existentes advindas LCIS sobre os materiais Saint-Gobain. Em seguida, uma otimização a fim de integrá-las aos materiais Saint-Gobain. Para isso partimos de estruturas já existentes. Além disso, mostramos que etiquetas selecionadas serão aplicada ao processo de fabricação como de impressão sobre os cartões cujo as placas de gesso são cobertas.

As medições são todas realizadas no LCIS na sala anecóica, em seguida, em ambiente real e sobre uma mesa de deslocamento 3D.

A configuração de bi-estática, duas antenas são utilizadas como mostrado na Figura 23 (b): uma para transmissão e outra para a recepção. Medimos o S21 parâmetro que descreve a relação entre a onda incidente e a onda refletida pela etiqueta. Nessa configuração, as antenas estão conectadas para o VNA realizando uma varredura em frequência para uma potência definida (0 dBm em nosso caso). No caso mono-estático (ver Figura 27 (d)), é utilizada uma antena. Podemos ver na Figure 23 (c) que nos fornece uma configuração de polarização cruzada: a onda é enviada no eixo horizontal e a antena recupera a onda refletida no outro eixo (vertical). Com esse método, é claro que antenas são que mais próximas (uma única antena) assim temos mais acoplamento em comparação com o modo de bi-estático. No entanto, esse método de medição é

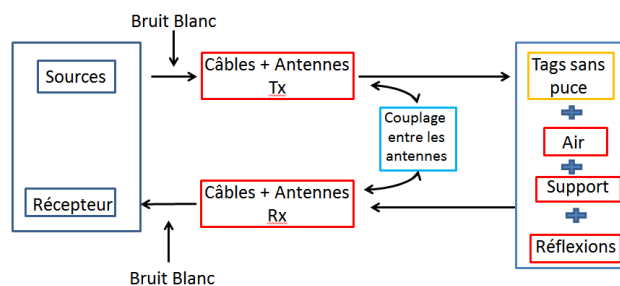
usado com as etiquetas trabalhando em polarização cruzada, como é o caso da etiqueta de 8 elementos.

FIGURA 23: ILUSTRAÇÃO DO SETUP DE MEDIDAS, (A) CONEXÃO DAS ANTENAS COM O VNA, (B) MEDIDAS NA CÂMARA ANECOICA, (C) MEDIÇÕES EM CO-POLARIZAÇÃO, (D) MEDIÇÕES EM POLARIZAÇÃO CRUZADA.



As duas antenas mostradas Figure 23 (c) tem um ganho de 3 a 16 dBi na faixa de 2 a 32 GHz. Uma medição inicial é realizada sem a etiqueta. Para a medição de seguir na presença da etiqueta e subtraída a medição no vácuo, a fim de eliminar o modo de estrutura de acoplamento entre antenas e reflexões constantes do ambiente. O sistema de medição pode ser representado na forma de um diagrama de bloco, como pode ser visto na Figura 24.

Figura 24: Modelização do sistema RFID sem chip.



É também de notar que na sala anecóica, reflexões nas paredes são canceladas, encontramos-nos numa configuração muito próxima da simulação no espaço livre.

4.1.6 MEDIDAS EM CÂMARA ANECÓICA

ETIQUETA 8 ELEMENTOS

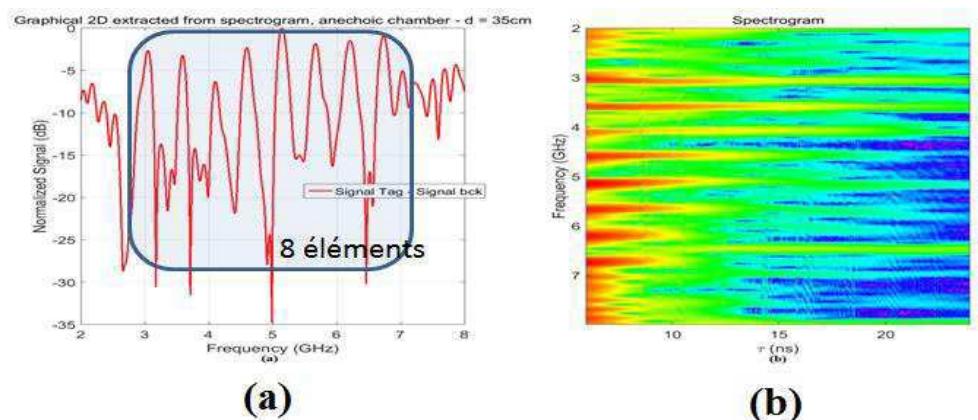
Nós usamos uma configuração bi-estática e mono-estática para este tipo de etiqueta de despolarizante. O VNA está configurado de acordo com as características da etiqueta: a medição é feita na faixa de frequência de 2 a 10 GHz. Primeiro, as medições são realizadas pela colocação de etiquetas no isopor (perto de permissividade de 1) e, em seguida, eles são colocados sobre as placas da Saint-Gobain.

A configuração para a medição de mono-estático é mostrado na Figura 25, o S21 e o espectrograma da medição é dada na Figura 26 para uma distância de 35 cm.

FIGURA 25: MEDIÇÃO EM MODO MONO-ESTÁTICO DE UMA ETIQUETA DESPOLARIZADA.



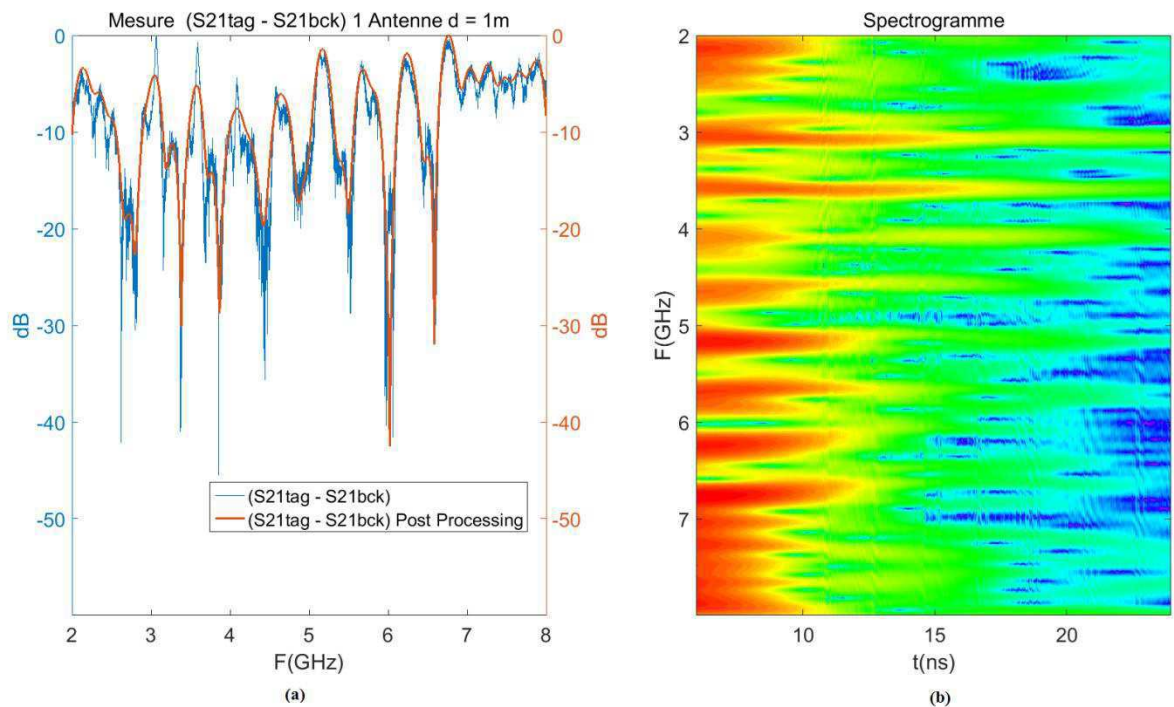
FIGURA 26: RESULTADOS DE MEDIDA EM CÂMARA ANECOICA PARA UMA ETIQUETA DE OITO ELEMENTOS COM A CONFIGURAÇÃO MONO-ESTÁTICA, (A) SINAL OBTDO SOBRE A BANDA DE FREQUÊNCIA UWB, (B) ESPECTROGRAMA DESTA MEDIÇÃO.



Como você pode ver na Figura 26, a medição na sala anecóica nos dá uma excelente resposta: é claro que o 8 ressoadores são bem identificáveis na faixa de 2 a 8

GHz. As medidas realizadas na sala anecóica serão nossas referências em comparação com todas as outras medições feitas em outro ambiente que será apresentado mais tarde. Contudo, nessa configuração (caso de mono-estático), encontramos um máximo de 1 m de distância, de leitura, como pode ser visto na Figura 27.

FIGURA 27: DISTÂNCIA MÁXIMA COM A CONFIGURAÇÃO MONO-ESTÁTICA, (A) SOMATÓRIO DO ESPECTROGRAMA, (B) ESPECTROGRAMA DO SINAL EM CÂMARA ANECOICA.



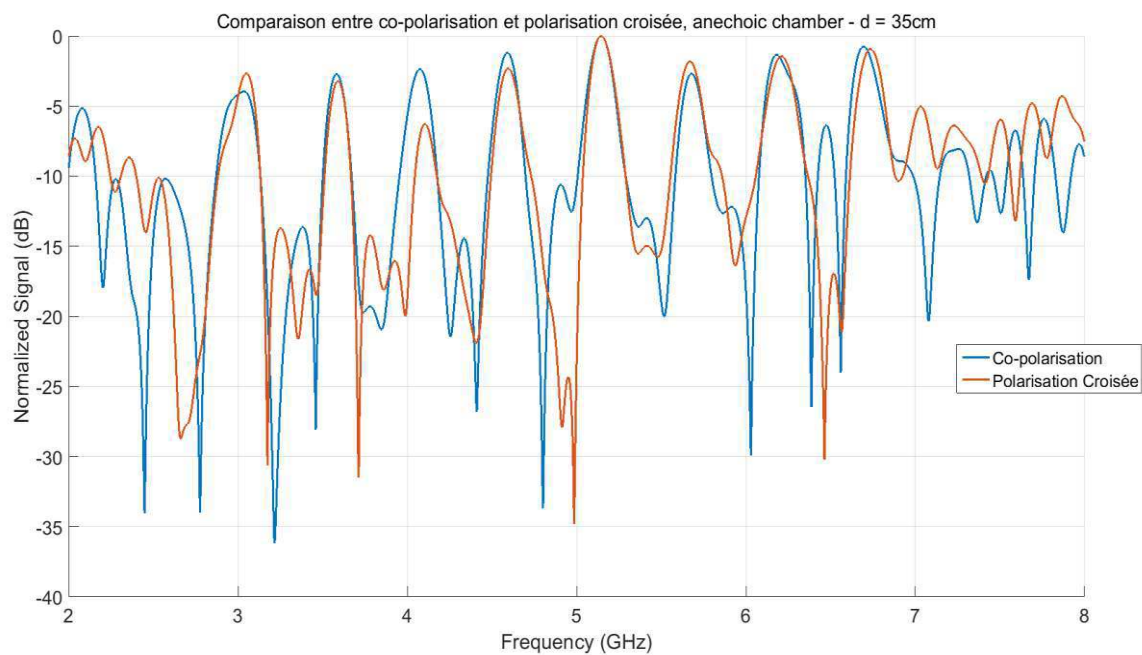
Tomaremos como referência para as medidas que estão mais perto que pode ser alcançado na prática, ou seja, distâncias de cerca de 30-40 cm. Como mostrado na figura 31, a assinatura de frequência da etiqueta obtidas sem pós-processamento (só por fazer a diferença com o sinal sem a etiqueta) é muito ruidoso, mas depois de pós-processamento, feito a partir do espectrograma, vemos que o sinal é recuperado sem dificuldade: Podemos determinar a presença de 8 picos relacionados com os 8 ressonadores presentes na etiqueta sem erro.

Posteriormente, num banco de medição para uma caracterização da etiqueta em co-polarização é implementado para comparação, Figura 28. Os resultados do estudo são apresentados na figura 33. Neste caso, vemos que a etiqueta pode ser lidos também em co-polarização e polarização cruzada.

FIGURA 28: MEDIÇÃO NA CÂMARA ANECOICA EM CO-POLARIZAÇÃO.



FIGURA 29: COMPARAÇÃO DOS MÉTODOS EM CO-POLARIZAÇÃO E POLARIZAÇÃO CRUZADA, A UMA DISTÂNCIA DE 35 CM.

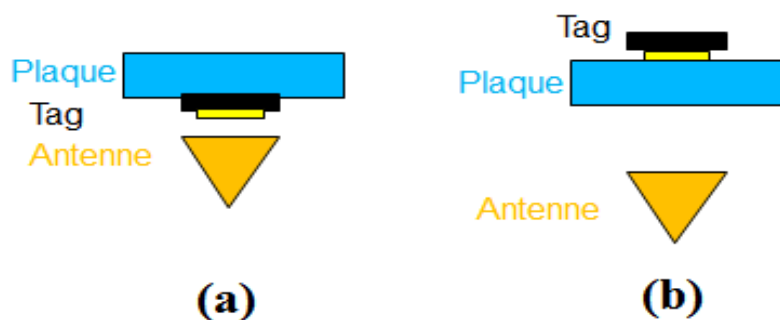


Assim, vemos que ambos os métodos são comparáveis na sala anecóica, bem como, a nível da amplitude do sinal, o método em co-polarização tem ainda melhor resposta.

Finalmente, as etiquetas são posicionadas sobre as placas fornecidas pela Saint-Gobain. Na prática, não há nenhuma garantia de que a parte condutora seja posicionada

entre a placa e a antena do leitor, assim, duas configurações foram testadas (ver figura 30).

FIGURA 30: VISTA DO LEITOR EM COMPARAÇÃO A LOCALIZAÇÃO DA ETIQUETA, (A) ETIQUETA NA FRENTE DO LEITOR, (B) VISTA TRAEIRA DA ETIQUETA EM RELAÇÃO AO LEITOR.



Os resultados das medições efetuadas sobre as placas são dadas na configuração em que a marca é antes da placa (a) Figura 31 e Figura 32 em ambos os casos.

FIGURA 31: MEDIDAS ONDE A ETIQUETA É COLOCADA SOBRE AS PLACAS DA EMPRESA.

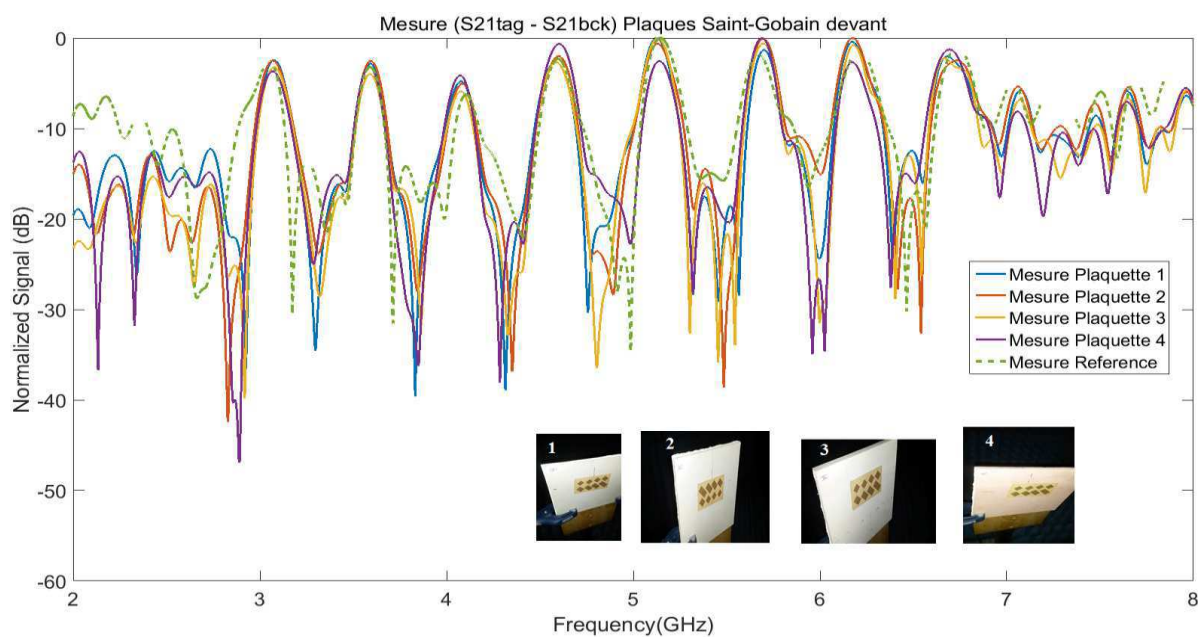
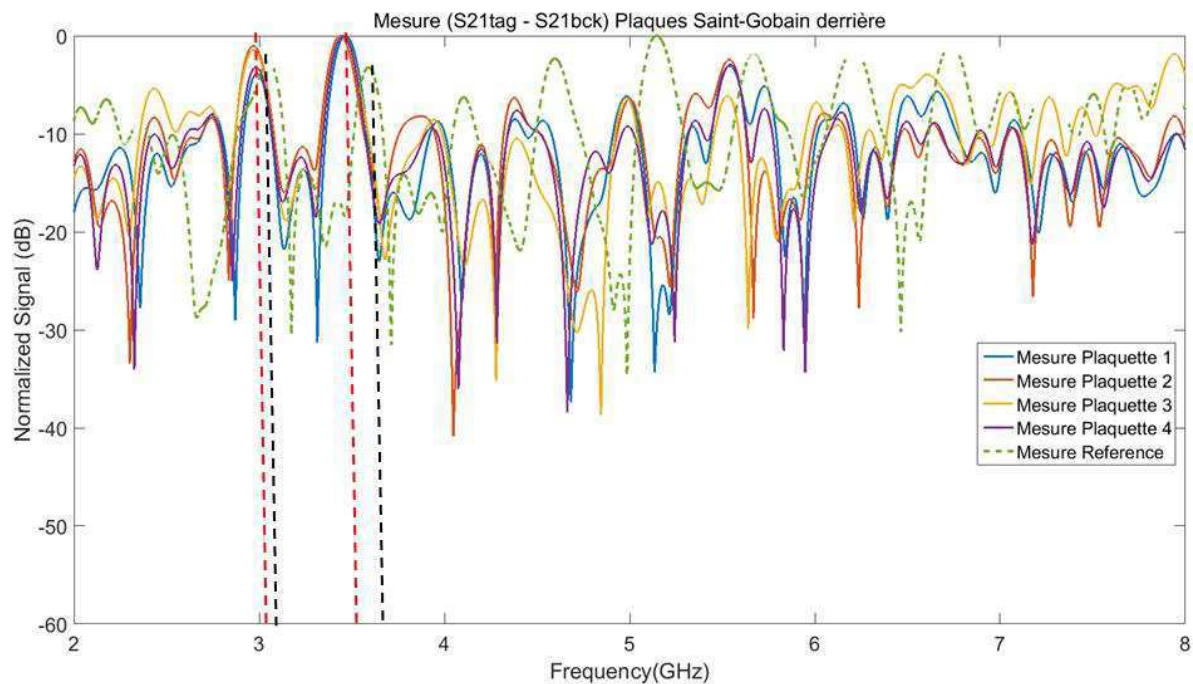


FIGURA 32: MEDIDAS ONDE A ETIQUETA É POSICIONADA ATRÁS DA PLACA EM RELAÇÃO AO LEITOR.



No primeiro caso (figura 31) podemos ver que as placas usadas não têm efeito sobre a assinatura da etiqueta. Isto é devido à presença de um plano de massa, no caso da marca de 8 itens. No segundo caso (Figura 32), podemos ver uma mudança na frequência dos picos, devido à proximidade entre os ressoadores de metal e a placa da Saint-Gobain. Portanto, as características da etiqueta são alteradas. No entanto essa lacuna não é intransponível para a leitura da marca. Pode ser tomado em conta o nível do processamento post. De fato, esse deslocamento será aplicado igualmente a todos os ressoadores, assim, codificando a informação sobre a diferença entre dois picos (e não a posição absoluta dos picos), é possível voltar a informação da marca.

No primeiro caso (Figura 31) podemos constatar que a placa não impõe nenhuma mudança no sinal refletido pelas etiquetas. Isso é explicável pela presença do plano de massa utilizado na etiqueta de oito elementos.

ETIQUETA 6 ÉLÉMENTS

Essa etiqueta tem características muito diferentes da marca de 8 itens: é feito de papel e trabalha na polarização co-polarização (ver figura 33). O papel é um material com altas perdas, as medidas de papel deram os seguintes valores: etiqueta $\delta = 0.1$ e permissividade $\epsilon = 3,9$ F/m.

FIGURA 33: ETIQUETA DE SEIS ELEMENTOS CONCEBIDA SOBRE PAPEL E FUNCIONANDO EM CO-POLARIZAÇÃO.

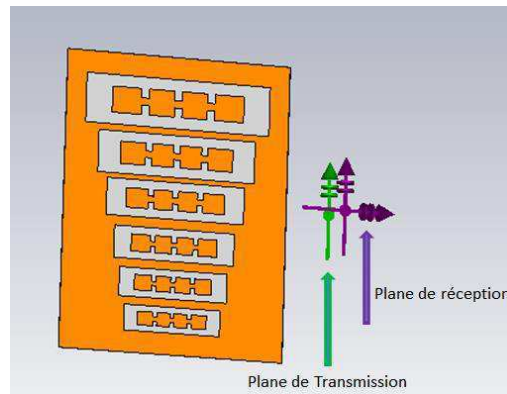
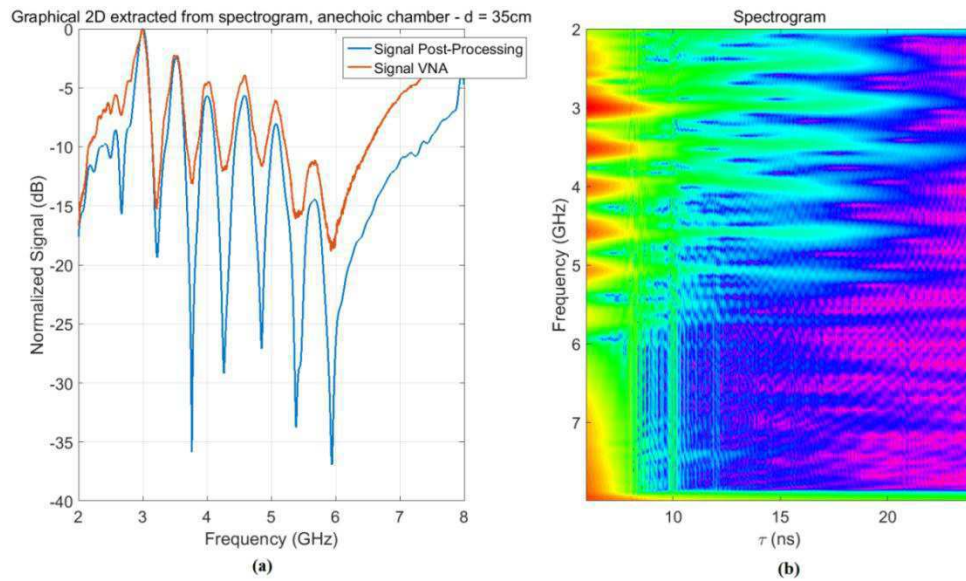


FIGURA 34; CONFIGURAÇÃO DO SETUP DE MEDIÇÃO PARA A ETIQUETA DE SEIS ELEMENTOS.

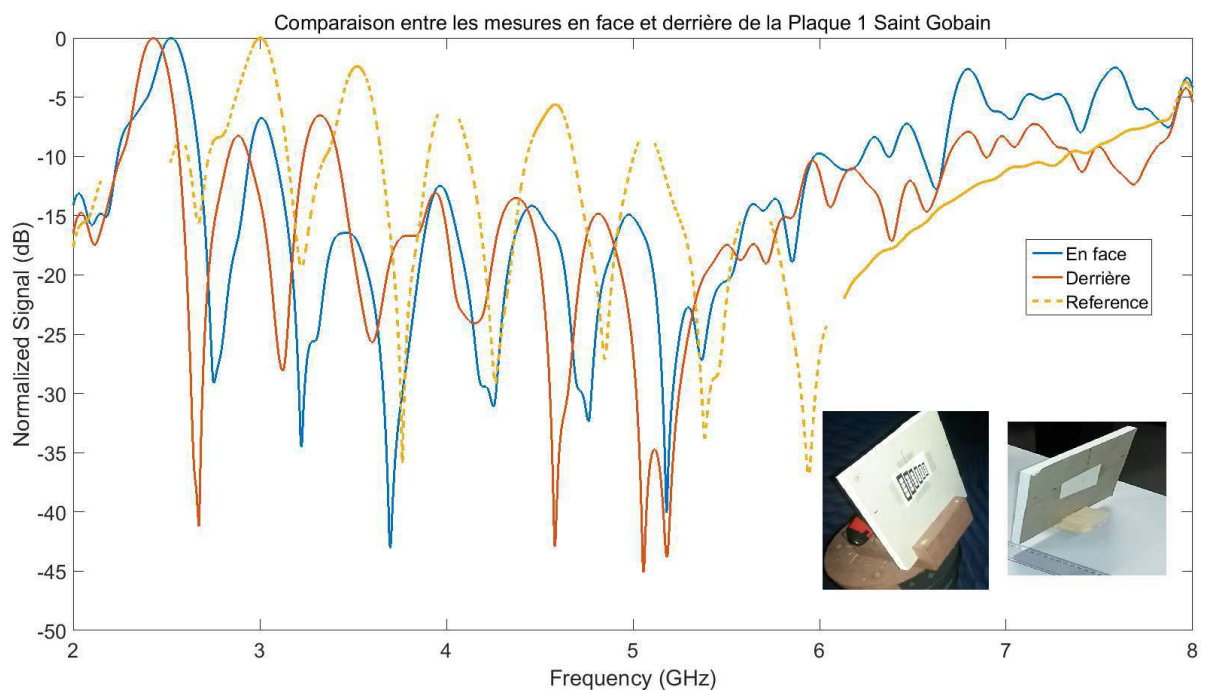


FIGURA 35; COMPARAÇÃO DO VNA COM O PÓS-TRATAMENTO. (A) SOMA DA JANELA DEFINIDA PARA A ETIQUETA DE SEIS ELEMENTOS, (B) ESPECTROGRAMA DA ETIQUETA.



No entanto, este tipo de etiqueta permite desempenho interessante quando colocado nas placas da Saint-Gobain, como pode ser visto na Figura 36.

FIGURA 36: MEDIDAS EM CÂMARA ANECOICA DAS ETIQUETAS DE SEIS ELEMENTOS, COMPARAÇÃO DAS MEDIÇÕES COM A ETIQUETA NA VISTA FRONTAL E TRASEIRA EM RELAÇÃO AO LEITOR,

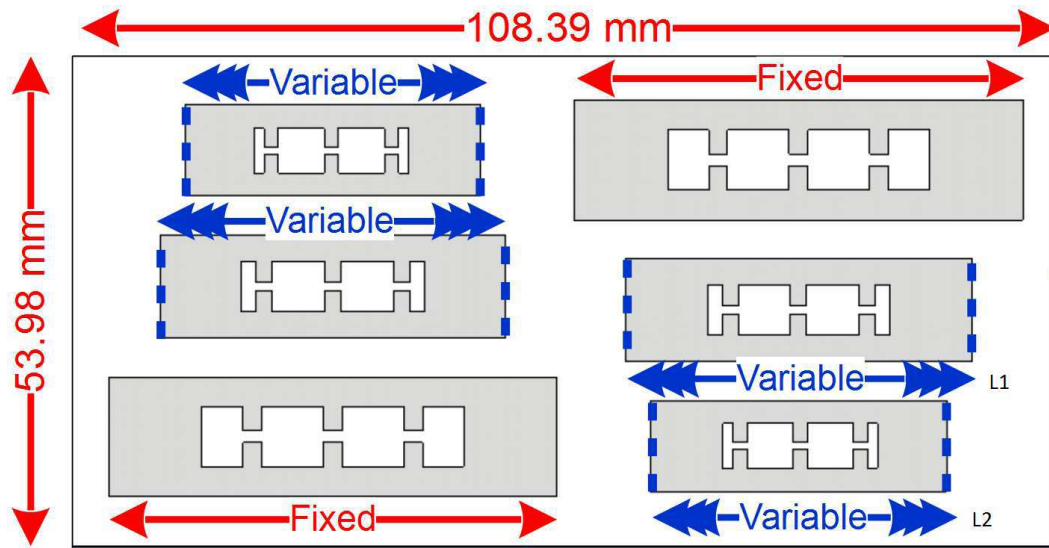


A permissividade da placa interage mais fortemente esse tipo de etiqueta. A ausência de plano de massa em que a parte condutora sempre vai estar muito próximo da placa em teste.

4.1.7 SIMULAÇÕES

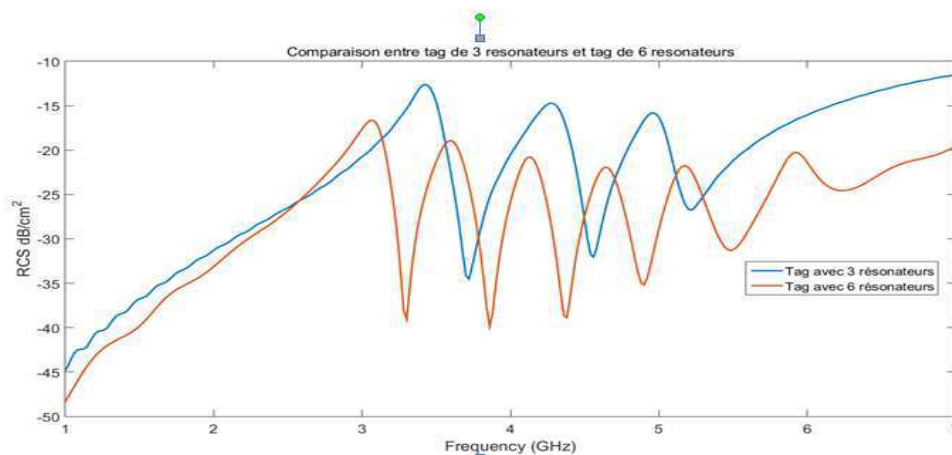
A fim de obter uma maior robustez na detecção das etiquetas do projeto anterior (etiqueta de 6, apresentado na Figura 15), foi desenhado um novo modelo de etiqueta, apresentado na Figura 37 que foi realizado.

FIGURA 37: ETIQUETA COM 3 RESSOADORES.



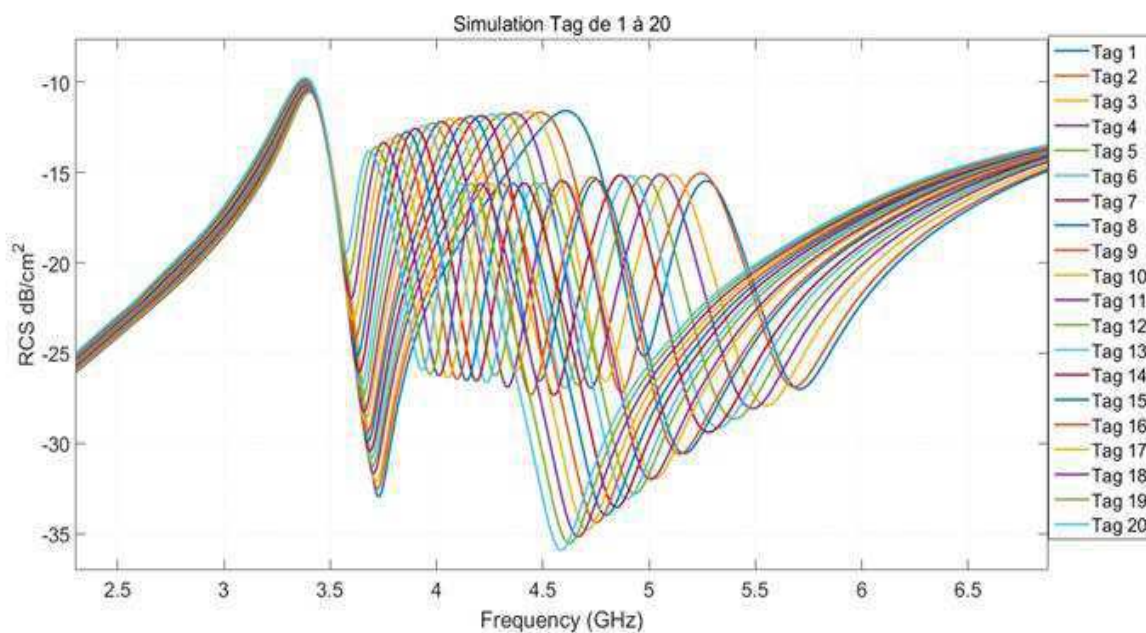
Duplicando o número de ressonadores, aumentamos o RCS da etiqueta, como pode ser visto na Figura 38. No entanto, nesse caso, a capacidade de codificação é menor do que a etiqueta com 6 ressonadores, portanto estamos usando a mesma superfície para colocar menos estruturas de ressonância.

FIGURA 38: SIMULAÇÃO DA SER DE UMA ETIQUETA COM SEIS E TRÊS ELEMENTOS.



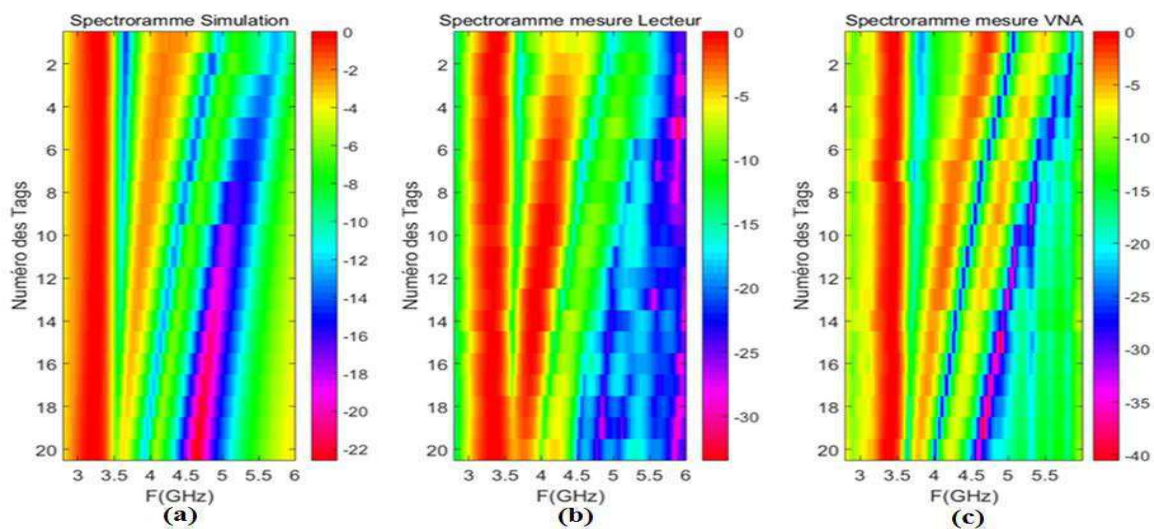
Na Figura 39 é mostrado as 20 configurações de etiquetas diferentes. Os parâmetros que foram modificados para obter estas assinaturas são mostrados na Figura 41. Temos que o primeiro pico é fixo. No entanto, o segundo e o terceiro pico são usados para codificar o identificador da etiqueta.

FIGURA 39: SIMULAÇÃO DE VINTE CONFIGURAÇÕES DIFERENTES DAS ETIQUETAS DE TRÊS ELEMENTOS.



Para concluir este estudo, comparamos a Figura 40 às respostas para a mesma etiqueta simuladas e medidas em diferentes ambientes podem ver que as informações da etiqueta são as mesmas, independentemente da configuração testada.

FIGURA 40: ETIQUETA DE TRÊS ELEMENTOS – COMPARAÇÃO ENTRE DIFERENTES AMBIENTES DE MEDIDA E TAMBÉM SIMULAÇÃO, (A) MEDIDAS DE SIMULAÇÃO, (B) MEDIDAS COM O LEITOR, (C) MEDIDAS COM O VNA.



AMBIENTE REAL

Para medições no ambiente real, estamos interessados em medição usando uma mesa de deslocamento 3D. Você pode ver na Figura 41, o setup de medição utilizado. O objetivo aqui é para mapear a área de detecção da etiqueta: a antena do leitor é fixa, a etiqueta se move em um volume pré-definido e para cada posição determinada é realizada uma medição do S21.

FIGURA 41: BANCO DE MEDIÇÕES BASEADO NUMA MESA DE DESLOCAMENTO 3D, PLATAFORMA ESYNOV.



As medidas são realizadas com a etiqueta de 8 elementos.

FIGURA 42: ZONA DE LEITURA – CADA QUADRADO REPRESENTA UMA MEDIDA REALISADA, (A) PONTOS VERIFICADOS, (B) POSIÇÃO INICIAL DA ANTENA.

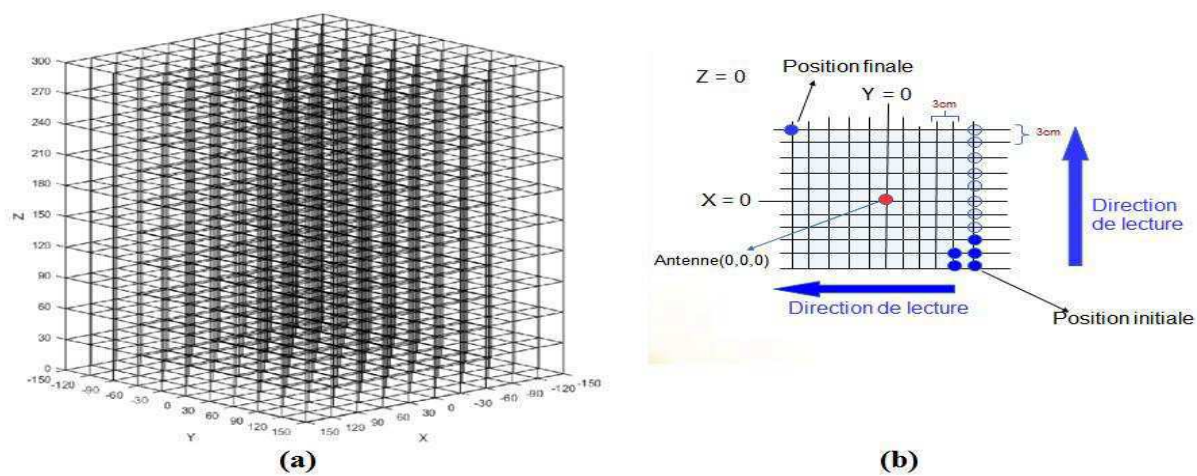
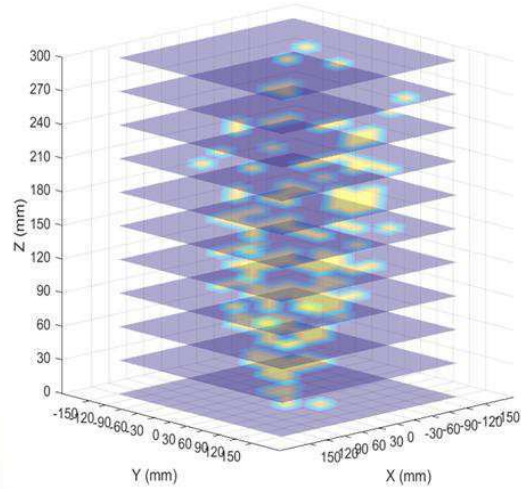
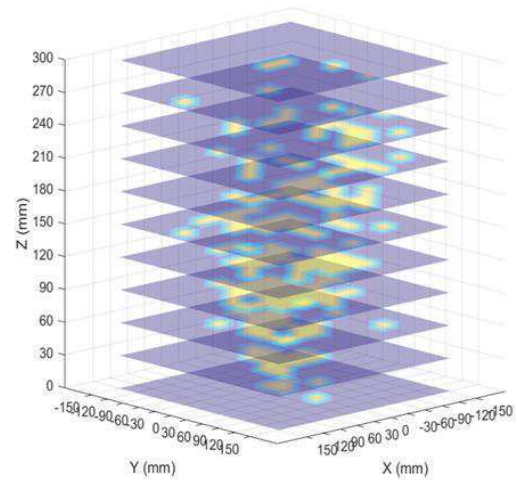


FIGURA 43: MEDIDAS COM O VNA COM A ETIQUETA DE OITO ELEMENTOS, 1331 PONTOS DE MEDIÇÃO, A DISTÂNCIA MÁXIMA É DE 30 CM. (A) FUNÇÃO DE DECODIFICAÇÃO SEM ALTERAÇÕES, (B) FUNÇÃO MODIFICADA (AUMENTO DO NÚMERO DE PONTOS LIDOS).



Fonction decodingFunction.
Original. 120 points a réussi lus

(a)



Fonction decodingFunction.
Modification CrossCorrelation.
161 points a réussi lus

(b)

Os resultados desse mapeamento são apresentados na Figura 50. Assim, com a mesa em movimento 3D, conseguimos ler a marca de 120 vezes em 1331 medições. Esses resultados requerem trabalho de interpretação adicional para tirar todas as conclusões que devem ser muito interessantes para o futuro.

5 CONCLUSÃO

Neste projeto, apresentamos as problemáticas e possíveis soluções para as etiquetas sem chip. Foram testados e simulados três tipos de etiquetas sem chip para integração com materiais na Saint-Gobain. A etiqueta de 8 itens apresentou resultados satisfatórios, independentemente da placa de teste. No entanto, com os outros dois tipos de etiqueta testadas, projetadas no papel e, portanto, mais perto para uma aplicação próxima do código de barras, é possível recuperar o identificador para uma distância de cerca de 20 cm. Evidentemente será necessário um esforço afim de encontrar etiquetas com RCS superior ao apresentado por esses tipos de etiqueta. Em comparação com as placas na Saint-Gobain, temos visto que eles têm um comportamento bastante perto das marcas feitas em papel.

O gesso apresenta uma baixa perda, apenas sua permissividade terá um efeito sobre os picos de ressonância e assim sobre o sinal da etiqueta. Esse efeito pode ser contido após a fase de tratamento. Os primeiros resultados que obtivemos são muito encorajadores e nos levam a crer que essa tecnologia pode originar na prática uma etiqueta sem chip, submetida sobre substratos de papel. Essas atividades prosseguirão no LCIS.

REFERÊNCIAS

- [1]. E. Perret, "Radio-frequency identification and sensor: from RFID to chipless RFID - theory and design", *Wiley-ISTE*, 2014.
- [2]. Ramos, A., Girbau, D., Lazaro, A., & Rima, S. (2012, March). IR-UWB radar system and etiqueta design for time-coded chipless RFID. In *Antennas and Propagation (EUCAP), 2012 6th European Conference on* (pp. 2491-2494). IEEE.
- [3]. Arnaud Vena. Contribution au d_veloppement de la technologie RFID sans puce_a haute capacit_ de codage. Autre. Universit_e de Grenoble, 2012. Fran_cais. <NNT : 2012GRENT014>.<tel-00922982>
- [4]. Ramos, A., Girbau, D., Lazaro, A., & Villarino, R. (2015). Wireless Concrete Mixture Composition Sensor Based on Time-Coded UWB RFID. *Microwave and Wireless Components Letters, IEEE*, 25(10), 681-683.
- [5]. Vena, A., Perret, E., & Tedjini, S. (2011). Chipless RFID etiqueta using hybrid coding technique. *Microwave Theory and Techniques, IEEE Transactions on*, 59(12), 3356-3364.
- [6]. Vena, A., Perret, E., & Tedjini, S. (2012). High-capacity chipless RFID etiqueta insensitive to the polarization. *Antennas and Propagation, IEEE Transactions on*, 60(10), 4509-4515.
- [7]. Vena, A., Perret, E., & Tedjni, S. (2013). A depolarizing chipless RFID etiqueta for robust detection and its FCC compliant UWB reading system. *Microwave Theory and Techniques, IEEE Transactions on*, 61(8), 2982-2994.
- [8]. Koswatta, R. V., & Karmakar, N. C. (2012). A novel reader architecture based on UWB chirp signal interrogation for multiresonator-based chipless RFID etiqueta reading. *Microwave Theory and Techniques, IEEE Transactions on*, 60(9), 2925-2933.
- [9]. Vena, A., Perret, E., & Tedjini, S. (2012). A fully printable chipless RFID etiqueta with detuning correction technique. *Microwave and Wireless Components Letters, IEEE*, 22(4), 209-211.
- [10]. Preradovic, S., & Karmakar, N. C. (2010). Chipless RFID: bar code of the future. *IEEE Microwave Magazine*, 7(11), 87-97.
- [11]. Garbati, M., Siragusa, R., Perret, E., & Halope, C. (2015, May). Low cost low sampling noise UWB Chipless RFID reader. In *Microwave Symposium (IMS), 2015 IEEE MTT-S International* (pp. 1-4). IEEE.
- [12]. Garbati, M., Siragusa, R., Perret, E., Vena, A., & Halope, C. (2015, April). High performance chipless RFID reader based on IR-UWB technology. In *Antennas and Propagation (EuCAP), 2015 9th European Conference on* (pp. 1-5). IEEE.

- [13]. Tedjini, S., & Perret, E. (2009). Radio-Frequency Identification Systems and Advances in Etiqueta Design. *URSI Radio Science Bulletin*, 331, 9-20.
- [14]. Preradovic, S., & Karmakar, N. C. (2009, September). Design of fully printable planar chipless RFID transponder with 35-bit data capacity. In *Microwave Conference, 2009. EuMC 2009. European* (pp. 013-016). IEEE.
- [15]. Preradovic, S., Balbin, I., Karmakar, N. C., & Swiegers, G. F. (2009). Multiresonator-based chipless RFID system for low-cost item tracking. *Microwave Theory and Techniques, IEEE Transactions on*, 57(5), 1411-1419.
- [16]. Preradovic, S., & Karmakar, N. C. (2010, May). Multiresonator based chipless RFID etiqueta and dedicated RFID reader. In *Microwave Symposium Digest (MTT), 2010 IEEE MTT-S International* (pp. 1520-1523). IEEE.
- [17]. Note, Application. "Basics of measuring the dielectric properties of materials." *Agilent Technologies* (2000).

ANEXO A

INVESTIMENTO E RETORNO SOBRE O INVESTIMENTO ESPERADO

	Estimação	Total
Salário	1200€/mês	6 000 €
Escritório	45€/m ² /ano	280 €
Computador	1 200 €	250 €
Licença Matlab	500€/ano	210 €
Licença CST	1000€/ano	420 €
Serviço Gael	150€/ano	60 €
Estofados escritório	Cerca de 20€	20 €
Amortização sobre o equipamento de medida (VNA, Câmara anecoica)	Cerca de 60€/h	3 600 €
Total		10 840 €

Duração do estágio 5 meses.

Eu fui oficialmente esetiquetariário da Saint-Gobain em parceria com o laboratório de pesquisa LCIS.

O m² do escritório é calculado pelo preço médio da zona da cidade de Valence-FR. Foi considerado que o espaço de trabalho mede 12m² levando em consideração os espaços comuns.

As licenças do Matlab e CST são fruto de recurso partilhados entre o laboratório e a escola, que permitiu nos beneficiar da licença escolar.

Esta tabela não leva em consideração o investimento das outras pessoas envolvidas no projeto, ou seja, professores e funcionários da Saint-Gobain.

