



ANÁLISE DO CAMPO ELETROMAGNÉTICO DE UM CABO DE TRANSMISSÃO DE DADOS

Pedro Inacio De Oliveira*¹, Gustavo França Martins¹, Paulo César Álvares Mota ¹

¹IFTM – Instituto federal do triangulo mineiro – campus patrocínio

Resumo - O objetivo deste trabalho é uma análise e demonstração prática feita por meio de uma simulação na plataforma FEMM do campo eletromagnético criado em um cabo de transmissão de dados. O cabo consiste numa composição de oito fios na qual são divididos em pares, na qual cada par é entrelaçado entre si, por toda sua extensão, teoricamente para anular os efeitos gerados pelo campo eletromagnético.

Palavras-Chave - campo elétrico, cabo de transmissão de dados, campo eletromagnética, par trançado.

ANALYSIS OF THE ELECTROMAGNETIC FIELD OF A DATA TRANSMISSION CABLE

Abstract - The objective of this work is an analysis and practical demonstration made through a simulation in the FEMM platform of the electromagnetic field created in a data transmission cable. The cable consists of a composition of eight wires in which they are divided into pairs, in which each pair is intertwined, for all its length, theoretically to cancel out the effects generated by the electromagnetic field.

Keywords - electric field, data transmission cable, electromagnetic field, twisted pair.

NOMENCLATURA

Rx	Par receptor de dados.
Tx	Par transmissor de dados.
IEM	Interferência eletromagnética.
FEMM	Finite Element Method Magnetics
UTP	Unshielded Twisted Pair

I. INTRODUÇÃO

Qualquer equipamento eletricamente carregado recebe e transmite IEM pois todo condutor tem a tendência de

funcionar como uma antena de rádio. Os condutores que trabalham em altas frequências se aproximam muito de uma antena, o que explica o maior número de problemas de IEM em redes de alta velocidade.

Altos níveis de emissão de IEM pode gerar defeitos que só são notados com o tempo, por exemplo corrupção de dados, falhas em software e queda no desempenho. Mesmo que a existência das emissões de IEM não seja desejáveis, pesquisas concluíram, que a maioria dos equipamentos elétricos os níveis de IEM estão bem abaixo dos padrões considerados prejudiciais à saúde.

Os limites de IEM para um cabeamento não são fáceis de serem medidos, já que o cabo só emite IEM quando está ligado em uma das suas pontas por equipamentos que transmitem sinais. Com as novas normas exigidas para a compatibilidade eletromagnética, o cabeamento tem que ser testado com os equipamentos que serão utilizados, ou seja, os clientes escolhem os equipamentos de acordo com o tipo de cabeamento escolhidos por eles, criando uma dependência.

Porém, em alguns casos acontece que os equipamentos aprovados para certos tipos de cabos, ultrapassem os limites permitidos de emissão de IEM, pois os cabeamentos usados em teste não são iguais aos usados na vida real. Por exemplo, os cabos mais simples e mais usados, os UTP, cabos compostos por 8 fios de cobre separados em pares traçados entre si, cobertos por um revestimento em PVC. Com o objetivo de inibir as emissões de IEM, esses cabos usam o efeito de cancelamento balanceado, no qual sinais de polaridade oposta são emitidos pelos próprios cabos, assim cancelando as ondas de IEM. Porém para o efeito realmente funcionar os sinais tem que ser perfeitamente iguais para então se cancelar, o que não ocorre na realidade, que confirmamos por meio da simulação no FEMM.

A. Justificativa e metodologia

Os equipamentos elétricos fazem parte da vida de várias pessoas atualmente e não é possível enxergar o futuro de nossa sociedade sem eles. Todo equipamento elétrico faz uso de fios ou cabos, para o seu funcionamento, porém esses cabos, podem acabar danificando os equipamentos, por meio deste artigo, demonstraremos como os processos de cancelamento de campo eletromagnético são feitos para evitar, que esses problemas aconteçam.

*pedro_inacio42@yahoo.com.br

Para realização deste trabalho foi feito um estudo de condutores retilíneos e paralelos. Realizando a desmontagem de um cabo de transmissão de dados, para a simulação foi utilizado valores teóricos. O desenvolvimento do projeto foi dividido nas seguintes etapas: pesquisa relacionada a cabos UTP e campo eletromagnéticos de fios condutores, análise da simulação no FEMM do funcionamento do cabo, análise dos cálculos teóricos do problema.

II. CALCULO ANÁLITICO DO PROBLEMA

O campo eletromagnético pode ser definido como concentração de cargas elétricas e magnéticas, por exemplo a luz. James Clark Maxwell (1831-1879) comprovou esse fenômeno, que estuda a ligação entre eletricidade e magnetismo.

A. Campo Elétrico

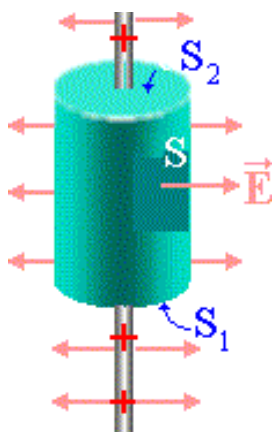
Campo elétrico é um campo de força gerado pela ação de uma corrente em um material. É uma força gerada ao redor das cargas elétricas.

Uma grandeza vetorial que possui módulo, direção e sentido. O sentido depende somente do sinal da carga elétrica.

No nosso exemplo os fios possuem corrente de sentido opostas sendo assim seus campos elétricos vão se anular [5]. Podemos calcular seu campo elétrico pela Lei de Gauss.

Com a simetria do problema podemos considerar as superfícies S1 e S2 da figura 1, igual a zero já que está em paralelo com o campo elétrico, ou seja, $\mathbf{E} \cdot d\mathbf{s} = 0$.

Figura 1 - Campo Elétrico em um fio retilíneo



Com isto temos que a superfície lateral será única integral da Lei de Gauss que não será nula. Podemos escreve a equação 1 da seguinte forma:

$$\oint E \cdot ds = \frac{q}{\epsilon} \quad (1)$$

Usando uma igualdade dentro da superfície gaussiana substituímos o valor de q , que é a quantidade de carga elétrica é igual λl , chegamos na equação 2 [1].

$$E \oint ds = \frac{\lambda \cdot l}{\epsilon} \quad (2)$$

Logo a integral da superfície lateral nos dá o valor de sua área, como demonstrado na equação 3.

$$E \int ds = E(2\pi r l) = \frac{\lambda \cdot l}{\epsilon} \quad (3)$$

Logo o valor do modulo do campo elétrico é dado como demonstra a equação 4.

$$E = \frac{\lambda}{(2\pi r) \cdot \epsilon} \quad (4)$$

Onde:

E - é o modulo do campo elétrico;

q - é a quantidade de carga elétrica;

r -raio da circunferência;

l - é o tamanho do fio.

λ - é a densidade de carga

Logo o campo elétrico no ponto entre os dois condutores é zero, já que o campo elétrico do condutor 1 é igual e oposto ao campo elétrico no condutor 2, como os dois estão em simetria, logo campo elétrico resultante será zero [3].

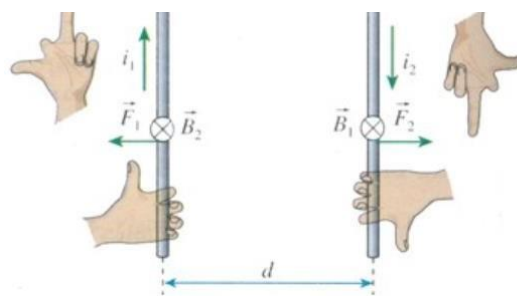
B. Campo magnético

Campo magnético é a concentração de magnetismo criado ao redor dos ímãs. O campo magnético é invisível a olho nu, mas ele pode ser percebido por nós. Por exemplo, nos ímãs, onde ocorre a atração quando polos opostos estão juntos e a repulsão quando polos iguais estão juntos [4].

Como demonstrado no experimento de Ørsted, um fio age como um ímã quando ele está sendo percorrido por corrente elétrica.

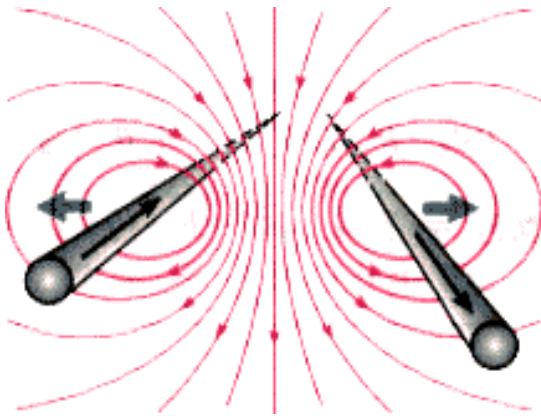
No nosso exemplo os fios possuem corrente de sentido opostas então se repelem como demonstrado na figura 2:

Figura 2 - Regra da mão esquerda



O campo magnético entre os fios sofrerá um aumento enquanto suas forças magnéticas se repelem, como demonstrado na figura 3.

Figura 3 - Campo magnético em condutores retilíneos e paralelos: correntes de mesmo sentido opostas



Para que haja a o cancelamento do campo magnético no cabo de transmissão de dados eles devem ser trançados um no outro para que a direção do campo magnético inverta e se cancele. Para calcular então o campo magnético entre os fios se deve calcular separadamente o campo magnético gerado em cada fio

Em condutores retilíneos, o campo magnético terá sua intensidade dada pela equação 5 [2].

$$B = \mu \cdot i \cdot 2 \pi \cdot r \quad (5)$$

Onde:

B - é o campo magnético associado ao fio;

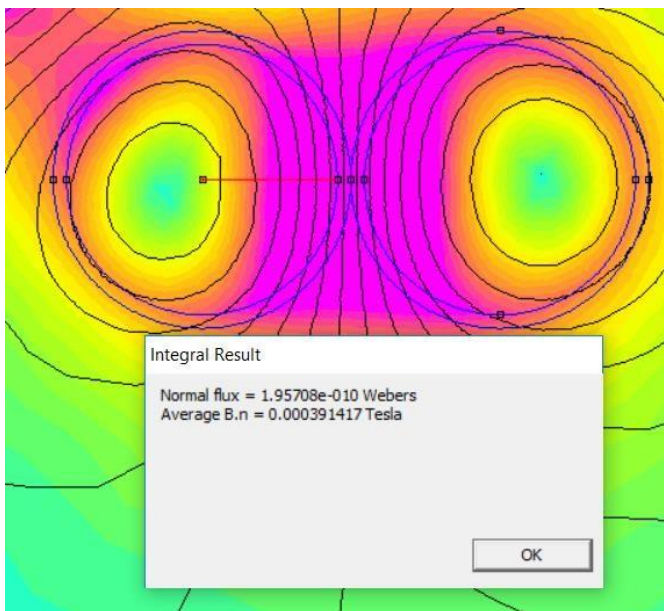
i - é a corrente que percorre o fio;

μ - constante denominada permeabilidade magnética do meio onde estiver o condutor;

r - é a distância entre o campo magnético e o fio centro do fio condutor.

Para verificar analiticamente os cálculos do software, consideramos apenas 1 par, como demonstra a figura 4.

Figura 4 - Problema analítico



De acordo com os cálculos analíticos, o campo deu o valor de 0,00039478 T, conforme os dados foram bem próximos, já que a parte analítica desconsideramos os demais condutores, isso pode promover erros de cálculos, porém erro bem insignificante.

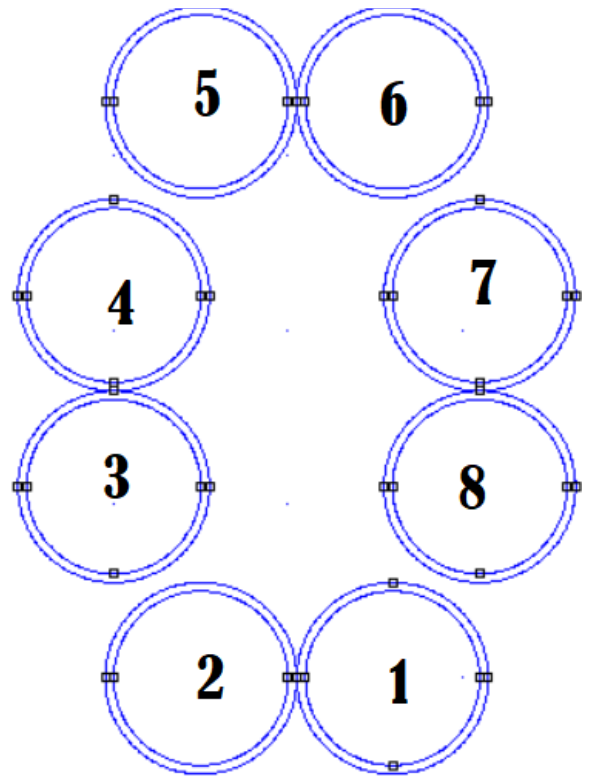
Como os cálculos deram certo, foi-se utilizado um script em lua para poder girar e calcular em vários ângulos o campo magnético e ver o resultado.

III. MODELAGEM DO PROBLEMA NO FEMM

Nesta seção serão apresentadas as configurações do FEMM para campo magnético e campo elétrico.

A. Campo Elétrico

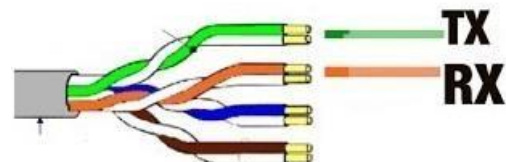
Figura 5 - Modelagem Elétrica



Para a configuração do problema o campo elétrico, foi feito utilizando o desenho da figura 5, com uma profundidade de 100mm, simbolizando um condutor infinito.

Na qual foi montado seguindo as seguintes configurações de fabricação mostrados na figura 6:

Figura 7 - Modelo de fabricação



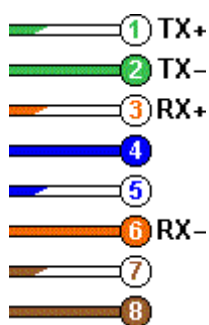
Na qual as nomenclaturas podem ser vistas na tabela 1:

Tabela 1 - Nomenclatura

NUMERO	NOME
1	Verde
2	Branco-Verde
3	Laranja
4	Branco-Laranja
5	Azul
6	Branco-Azul
7	Marrom
8	Branco-Marrom

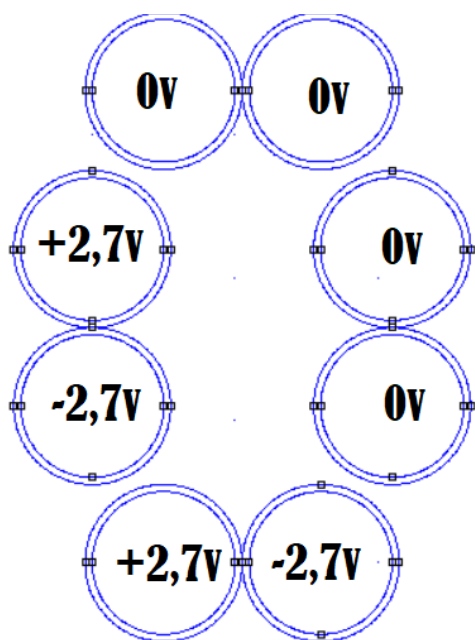
Para a análise do campo elétrico, foi considerado o modelo padrão de transmissão, na qual se consiste na utilização de dois pares, os verdes e laranjas, que possuem trafegam de sinal, pois se tratam dos cabos TX e RX, conforme a imagem 7.

Figura 7 - Dados



A configuração do mesmo foi convencionado que o sinal baixo seria entre 0v a 0,7v, e o sinal alto seria entre 2v a 2,7v,

Figura 8 - Configuração FEMM



para verificação analítica foi utilizado sinal baixo 0v, que foi usado nos pares marrons e azuis, e o sinal alto ficou com 2,7v, sendo feito nos pares verdes e laranja, conforme a figura 8.

Para isolamento do cabo foi utilizado o PVC pela sua semelhança com o material plástico usado, já que as empresas não disponibilizam a permissibilidade de seus matérias,

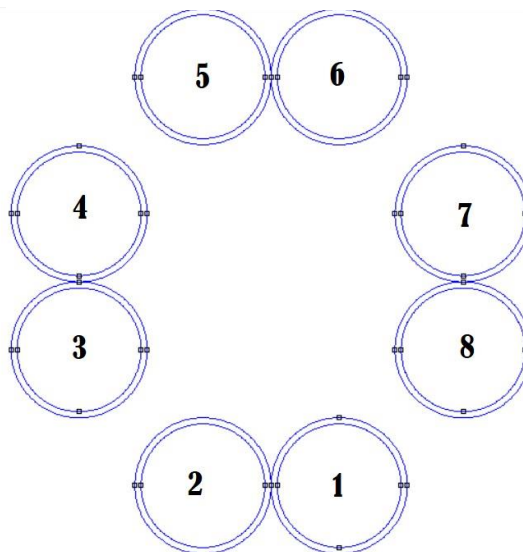
considerando assim a relativa como 3, e uma espessura de 0,05mm.

O condutor utilizado foi o de cobre, já que é o comumente utilizado por todos os fabricantes de cabos, com um diâmetro 1mm admissional.

B. Campo Magnético

Para a configuração do problema para o campo elétrico, foi feito utilizando o desenho da figura 9, com uma profundidade de 1,545mm, já que 1 ciclo completo tem 15,45mm.

Figura 6 - Modelagem Magnética

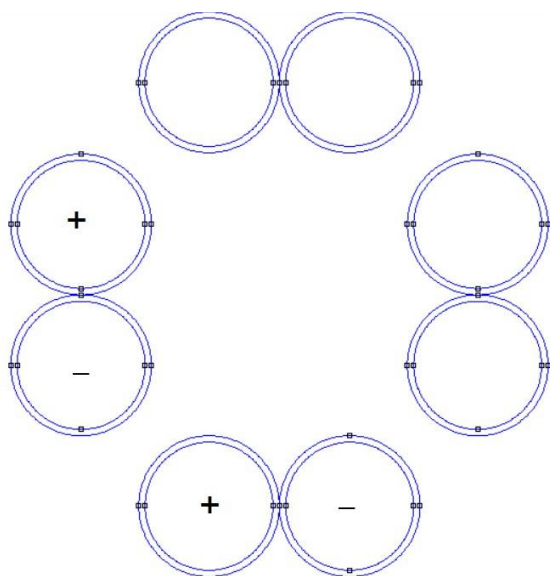


A modelagem magnética foi necessária a distanciação dos condutores para a simulação da rotação utilizando a linguagem LUA, este para fazer a rotação em 10 passos, simbolizando o ciclo completo.

O cabo utilizado segue os mesmos parâmetros de confecção apresentados na montagem Elétrica.

Utilizando valores adicionais para correntes de 1 ampere para sinal alto e 0 para sinal baixo, na qual igualmente ao efeito elétrico, foi utilizado sinal baixo nos pares marrons e azuis, e sinal alto nos pares verdes e laranjas, conforme a figura 10.

Figura 9 - Configuração FEMM 2



Para isolamento do cabo foi utilizado o ar já que o material isolante não interfere no campo magnético gerado, considerando uma espessura de 0,05mm.

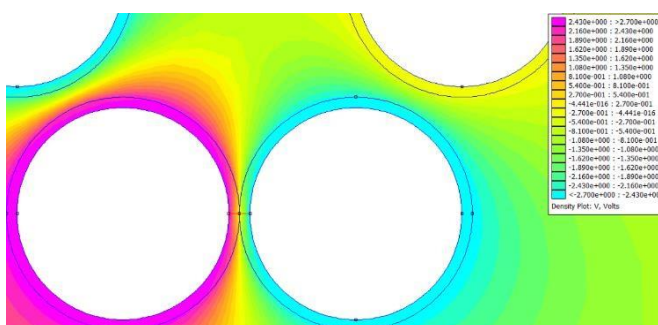
Já o condutor foi utilizado o condutor de cobre, já que é o comumente utilizado por todos os fabricantes de cabos, com um diâmetro 1mm admissional, com a permeabilidade relativa igual a 1.

IV. CONCLUSÕES E ANALISE DOS RESULTADOS

A. Análise campo elétrico

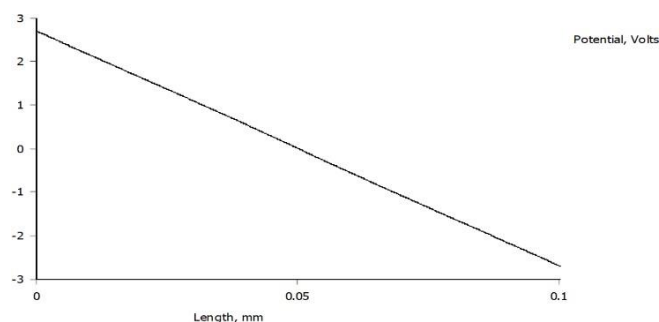
Analisando os resultados gerados no FEMM, para os efeitos do campo elétrico, o simples fato de os pares estarem juntos, já que vem enrolados, anula este campo, podendo ser visível sua análise na figura 11.

Figura 10 - Cancelamento campo elétrico



E olhando o gráfico da região delimitada pela linha vermelha da figura 11 podemos comprovar este fenômeno com a figura 12.

Figura 12 - Gráfico do campo elétrico 1

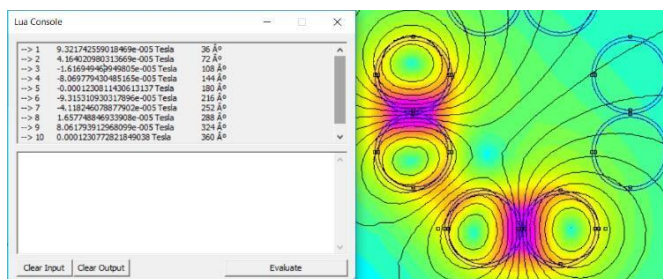


Na qual o ponto de distância 0.05 seria a divisa entre os dois condutores, que deu seu potencial 0v, comprovando o cancelamento.

B. Análise campo magnético

Para a análise do efeito magnético, foi verificado que o fato de os condutores estarem juntos, tem um efeito magnético intensificado, conforme a figura 13.

Figura 13 - efeito magnético 1



Para a análise de cancelamento, foi utilizado um script para automatizar o FEMM de forma a receber os resultados considerando a rotação dos condutores, como mostra a tabela 2.

Tabela 2 - Campo magnético

Número	Campo magnético em Tesla com 4 pares	Angulo
--> 1	$9,32 \times 10^{-5}$	36 °
--> 2	$4,16 \times 10^{-5}$	72 °
--> 3	$-1,62 \times 10^{-5}$	108 °
--> 4	$-8,07 \times 10^{-5}$	144 °
--> 5	$12,3 \times 10^{-5}$	180 °
--> 6	$-9,32 \times 10^{-5}$	216 °
--> 7	$-4,12 \times 10^{-5}$	252 °
--> 8	$1,66 \times 10^{-5}$	288 °
--> 9	$8,06 \times 10^{-5}$	324 °
--> 10	$12,3 \times 10^{-5}$	360 °
Soma	$8,46 \times 10^{-7}$	-

Como pode-se ver o campo magnético não chega a ser totalmente cancelado, porem fazendo a rotação do condutor podemos notar uma drástica redução nestes valores, sendo uma diferença de 2 casas decimais.

REFERÊNCIAS

- [1] EXERCÍCIOS RESOLVIDOS. SLIDESHARE. Disponível em: <<https://pt.slideshare.net/zeu1507/exercicios-resolvidos-eleto>>. Acesso em: 5 dez. 2018.
- [2] CONDUTORES RETILÍNEOS E PARALELOS - CAMPO E FORÇA MAGNÉTICOS: CORRENTES DE MESMO SENTIDO. UOL. Disponível em: <<https://educacao.uol.com.br/disciplinas/fisica/condutores-retilineos-e-paralelos---campo-e-forca-magneticos-correntes-de-mesmo-sentido.htm>>. Acesso em: 5 dez. 2018.
- [3] O FIO INFINITO. PAULO ROSA. Disponível em: <http://www.paulorosa.docente.ufms.br/Fisica_F_III/materiais_apoio/Fio_infinito.pdf>. Acesso em: 6 dez. 2018.
- [4] CAMPO MAGNÉTICO. TODA MATÉRIA. Disponível em: <<https://www.todamateria.com.br/campo-magnetico/>>. Acesso em: 6 dez. 2018.
- [5] CAMPO ELÉTRICO. SÓ FÍSICA. Disponível em: <<https://www.sofisica.com.br/conteudos/Eletromagnetismo/Eletrostatica/campo.php>>. Acesso em: 7 dez. 2018.
- [6] UMANS, Stephen D. Máquinas elétricas de Fitzgerald e Kingsley / Stephen D Umans; tradução: Anatólio Laschuk. – 7. Ed. – Porto Alegre : AMGH, 2014.