

Transmissão de Frequências Intermediárias sobre Fibras Ópticas Poliméricas em Enlaces com Diodo Laser em 520 nm

Felipe A. Marins¹, Ricardo M. Ribeiro², André P. Gonçalves³ e Maicon H. da S. Dias⁴

¹ Instituto de Pesquisas da Marinha (IPqM), ² Universidade Federal Fluminense (UFF), ³ Centro de Guerra Acústica e Eletrônica da Marinha (CGAEM), ⁴ Centro Tecnológico da Marinha no Rio de Janeiro (CTMRJ)

Resumo — Este artigo apresenta resultados de experimentos para geração e transmissão de frequências intermediárias (IF - *Intermediate Frequencies*) sobre fibras ópticas poliméricas (POF - *Polymer Optical Fiber*) de base polimetilmetacrilato (PMMA - *PolyMethyl Methacrylate*). Foi empregado um diodo laser (LD - *Laser Diode*) operando em 520 nm como fonte óptica. A IF que aciona o LD é gerada no módulo transmissor através do processo de *downconversion* de uma portadora analógica de RF. No módulo receptor, a IF sofre o processo de *upconversion*, a fim de resgatar o sinal para a frequência RF de interesse. O propósito desse experimento é contornar as limitações de banda impostas ao enlace pela POF PMMA e pelo fotodetector (PD - *photodetector*). Para a montagem apresentada, observam-se ganhos de RF de + 12,42 dB para o sinal IF de 10 MHz e de + 6,53 dB para o sinal RF de 210 MHz após a *upconversion* no módulo de recepção do enlace.

I. INTRODUÇÃO

A fotônica de micro-ondas (MWP - *Microwave Photonics*) é uma tecnologia que encontra amplo emprego na área militar, como em sistemas de comunicação radar [1] e no desenvolvimento de receptores fotônicos para sistemas de Guerra Eletrônica [2]. Muitos sistemas de MWP trabalham com frequências elevadas, o que se torna um fator de complexidade para transmissão, recepção e processamento dos sinais RF. Para mitigar os efeitos não desejáveis das componentes de alta frequência em enlaces a fibra óptica, a utilização de *mixers* se apresenta como uma solução viável, promovendo o abaixamento da frequência RF original para uma IF (*Intermediate Frequency*) que sofra menos com problemas de atenuação e/ou dispersão, principalmente a dispersão modal, no caso da POF.

Esse trabalho se propõe a investigar o uso de *mixers* de RF, a fim de que seja possível propagar IFs ao longo de POFs PMMA. Para a elaboração desse trabalho, não se encontrou na literatura nenhum registro do assunto, o qual se pode denominar "*IF-over-PMMA-POFs*", tampouco do seu emprego em sistemas militares.

II. CONFIGURAÇÕES EXPERIMENTAIS E RESULTADOS OBTIDOS

A. Testes Preliminares com o Mixer e Condições Iniciais

Inicialmente são gerados dois sinais $f_{RF} = 210$ MHz e $f_{LO} = 200$ MHz, ambos com potência de + 16 dBm, sendo injetados nas portas RF e LO, respectivamente, do *mixer*. Na porta IF de saída mede-se um sinal com potência de + 10,4 dBm (*Conversion Loss* - CL = + 5,6 dB). A potência elétrica medida na saída do enlace completo (sem *mixer*) é dada por $P_{RF}(210\text{ MHz}) = -17,01$ dBm, conforme pode ser visualizado na Fig. 1.

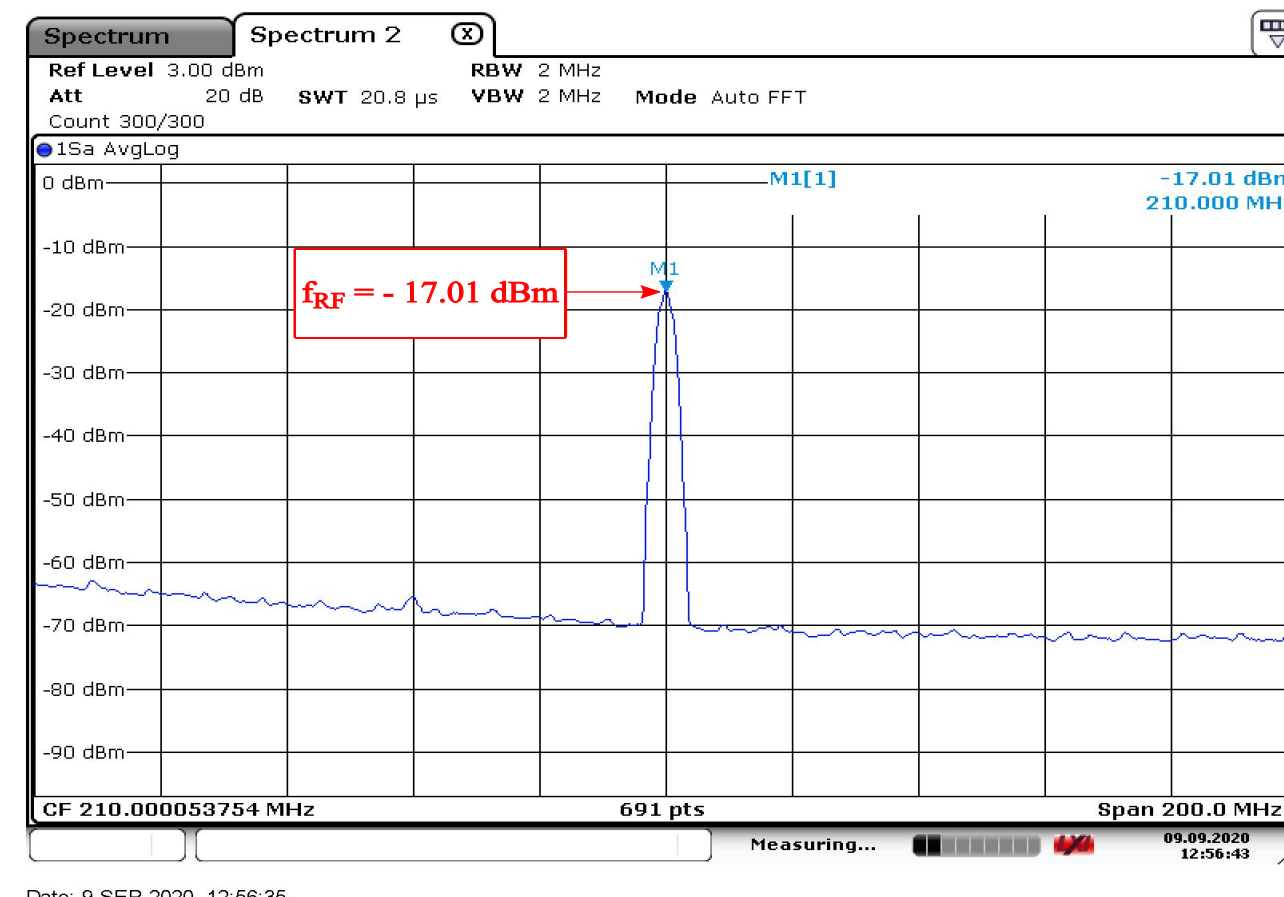


Fig. 1. Potência do sinal de saída do enlace completo sem a presença dos *mixers*

B. Enlace com o Mixer Apenas no Módulo Transmissor

Utilizando-se a configuração de enlace da Fig. 2, tem-se os sinais $f_{RF} = 210$ MHz e $f_{LO} = 200$ MHz ($P_{RF} = P_{LO} = +16$ dBm) nas portas RF e LO do *mixer*, que irá gerar uma IF de interesse com potência elétrica na saída do enlace $P_{IF}(10\text{ MHz}) = -4,59$ dBm.

O ganho de RF obtido com o emprego do *mixer* é obtido pela diferença $G_{RF} = P_{IF}(10\text{ MHz}) - P_{RF}(210\text{ MHz}) = +12,42$ dB.

Na Fig.3, pode-se observar o esquema em blocos da configuração de enlace com o *mixer* apenas no módulo transmissor.

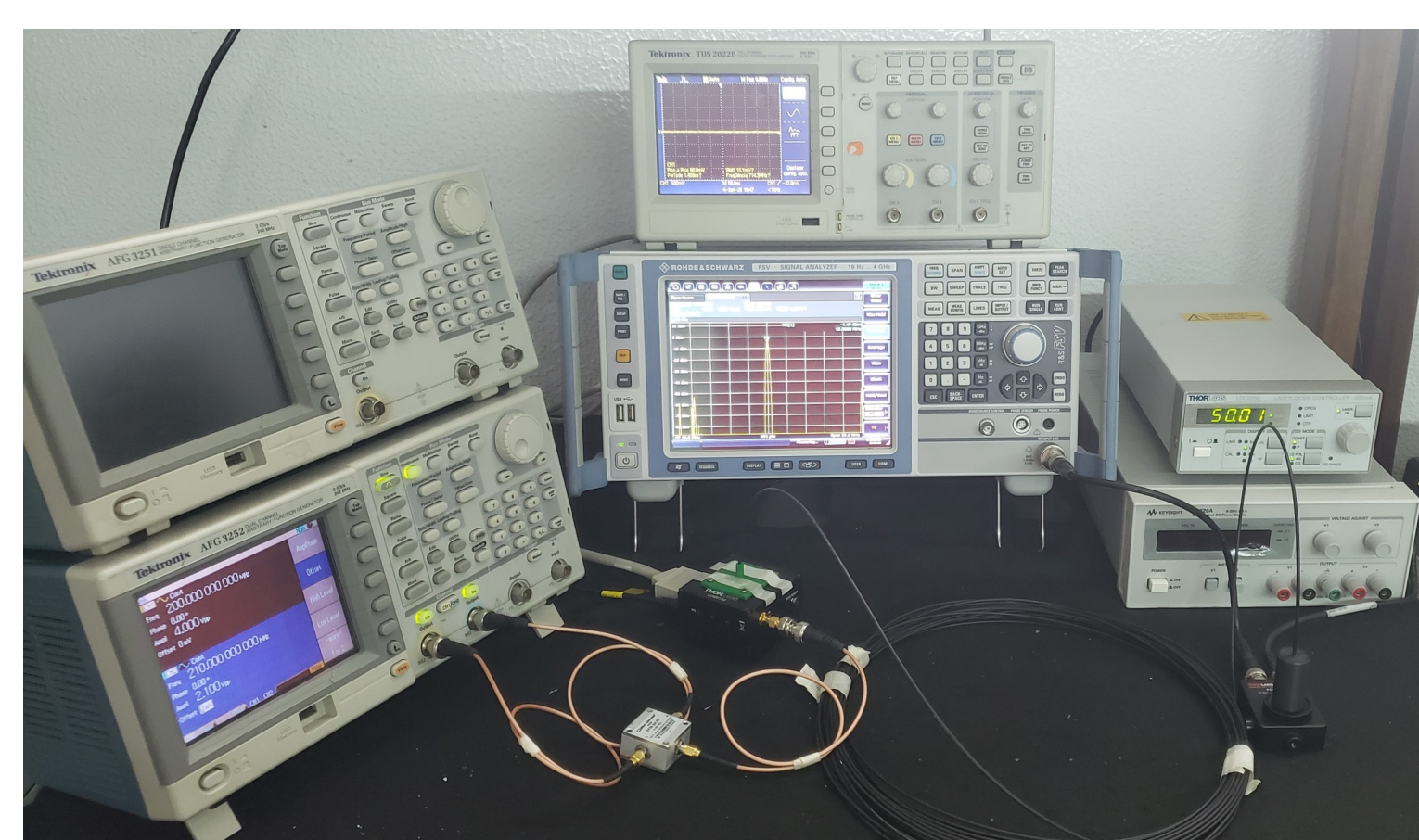


Fig. 2. Enlace com *mixer* no módulo transmissor.

C. Enlace com os Mixers nos Módulos Transmissor e Receptor

Nessa nova configuração, conforme Fig. 4, ambos os *mixers* são empregados simultaneamente, sendo um no transmissor e outro no receptor. Assim como na montagem anterior, a $P_{RF}(210\text{ MHz})$ na entrada RF do *mixer* é dada por + 16 dBm, porém a $P_{LO} \approx 0$ dBm. Observa-se que o sinal de saída tem potência elétrica dada por $P_{RF}(210\text{ MHz}) = -10,48$ dBm, como pode ser visto na Fig. 5. Aqui, o ganho de RF é dado por $G_{RF} = +6,53$ dB.

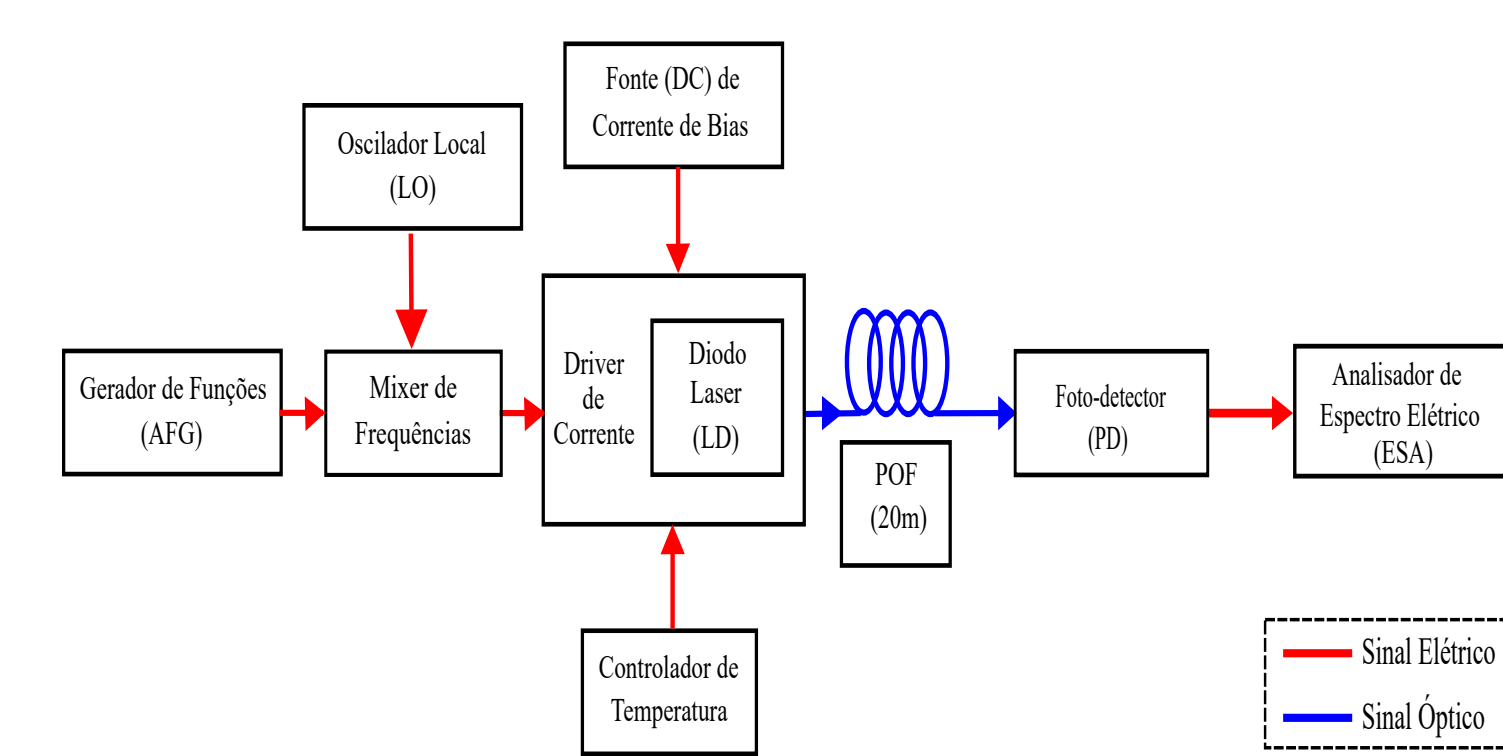


Fig. 2. Diagrama em blocos do enlace com *mixer* no módulo transmissor.

Agora as frequências são alteradas para $f_{RF} = 120$ MHz e $f_{LO} = 110$ MHz, a fim de se observar o ganho de RF de um sinal que esteja dentro da banda do fotodetector (150 MHz). A potência de RF na saída do enlace para o sinal em 120 MHz, estando os *mixers* ausentes do enlace, é dada por $P_{RF}(120\text{ MHz}) = +4,59$ dBm. Ao se inserirem os *mixers* no enlace, a potência elétrica em 120 MHz, após a *upconversion* no receptor, é dada por $P_{RF}(120\text{ MHz}) = -5,59$ dBm. O ganho de RF é dado por $G_{RF} = -10,18$ dB.

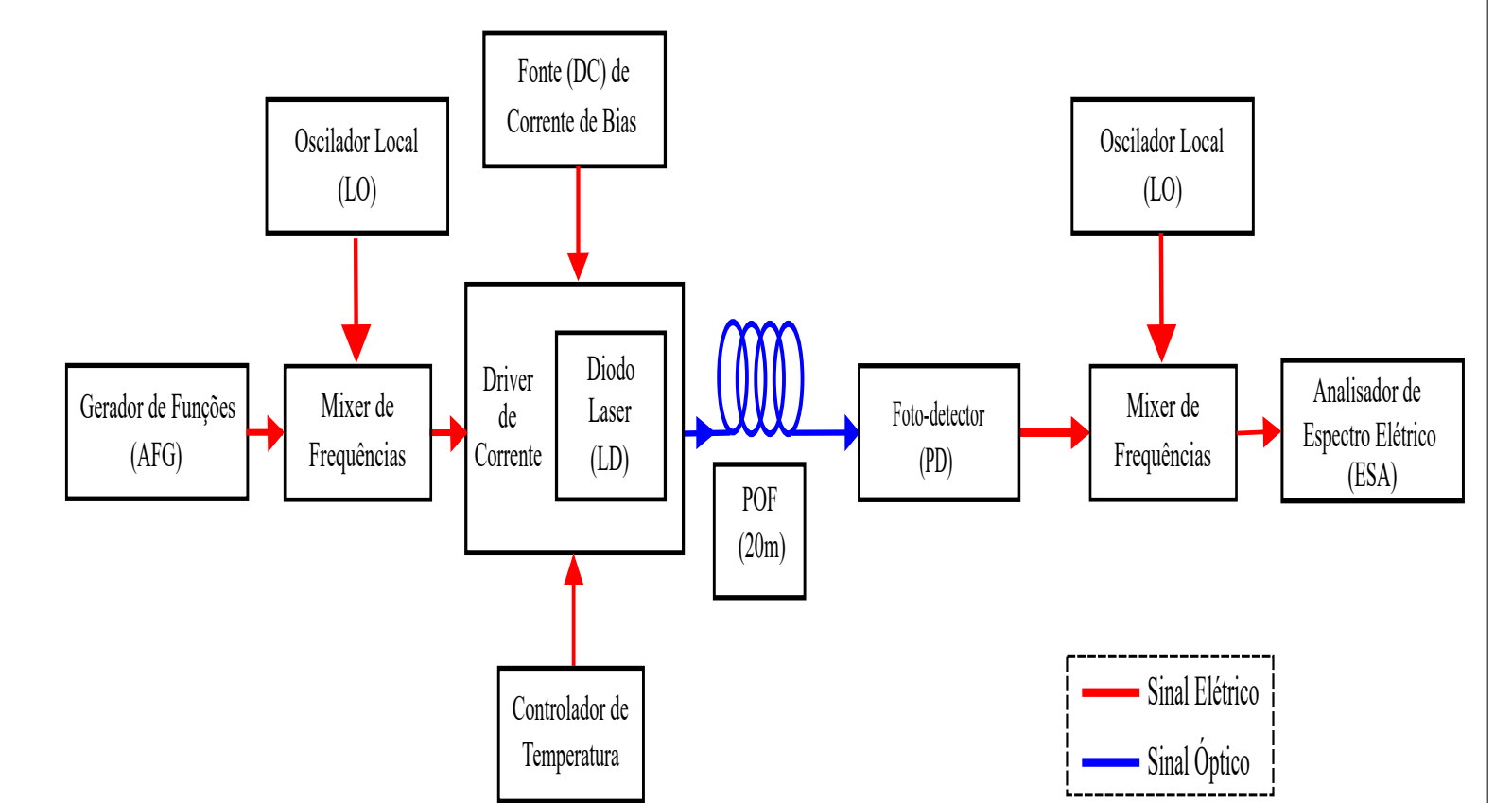
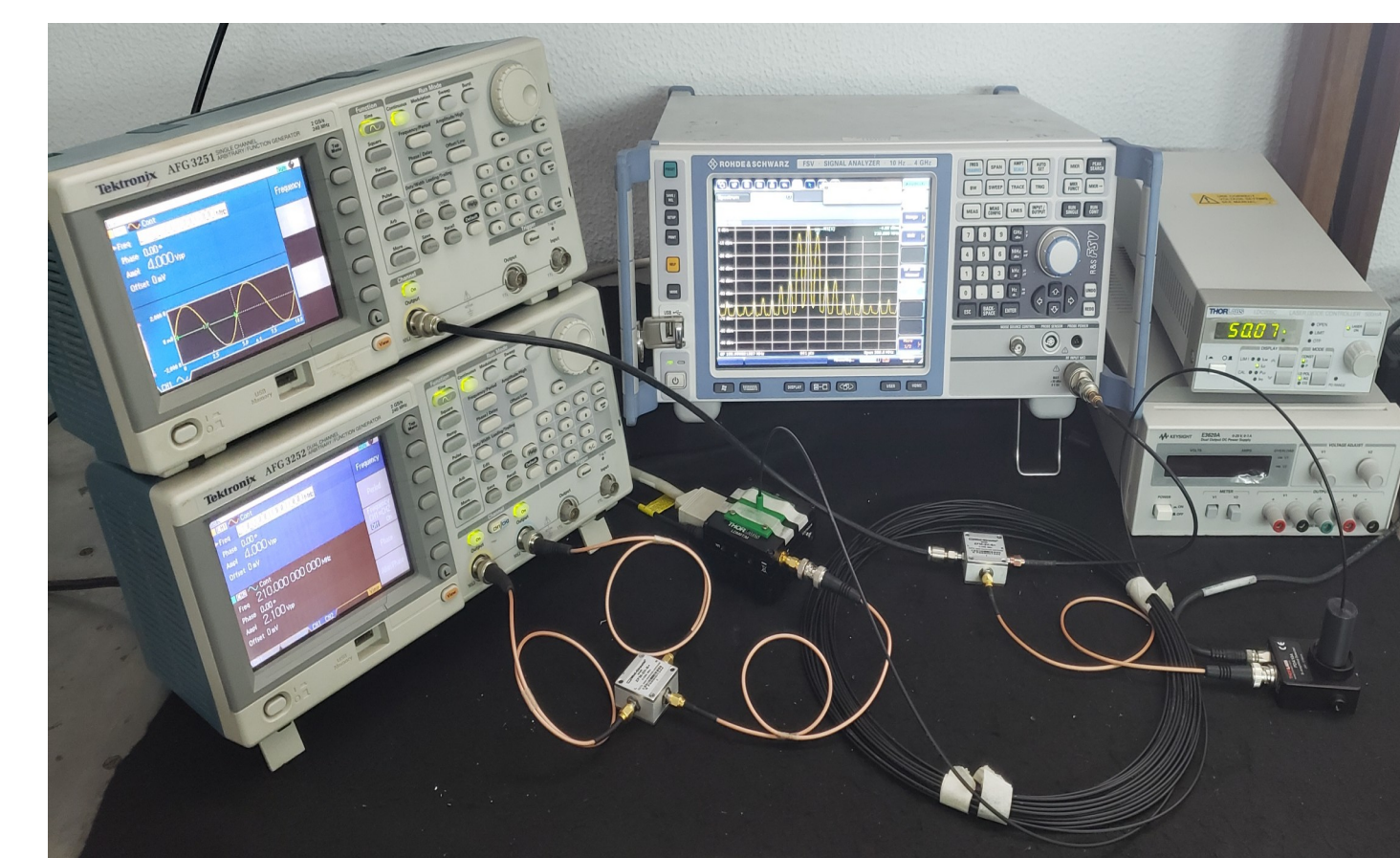


Fig. 4. Enlace com *mixers* na transmissão e na recepção e sua representação esquemática em blocos.

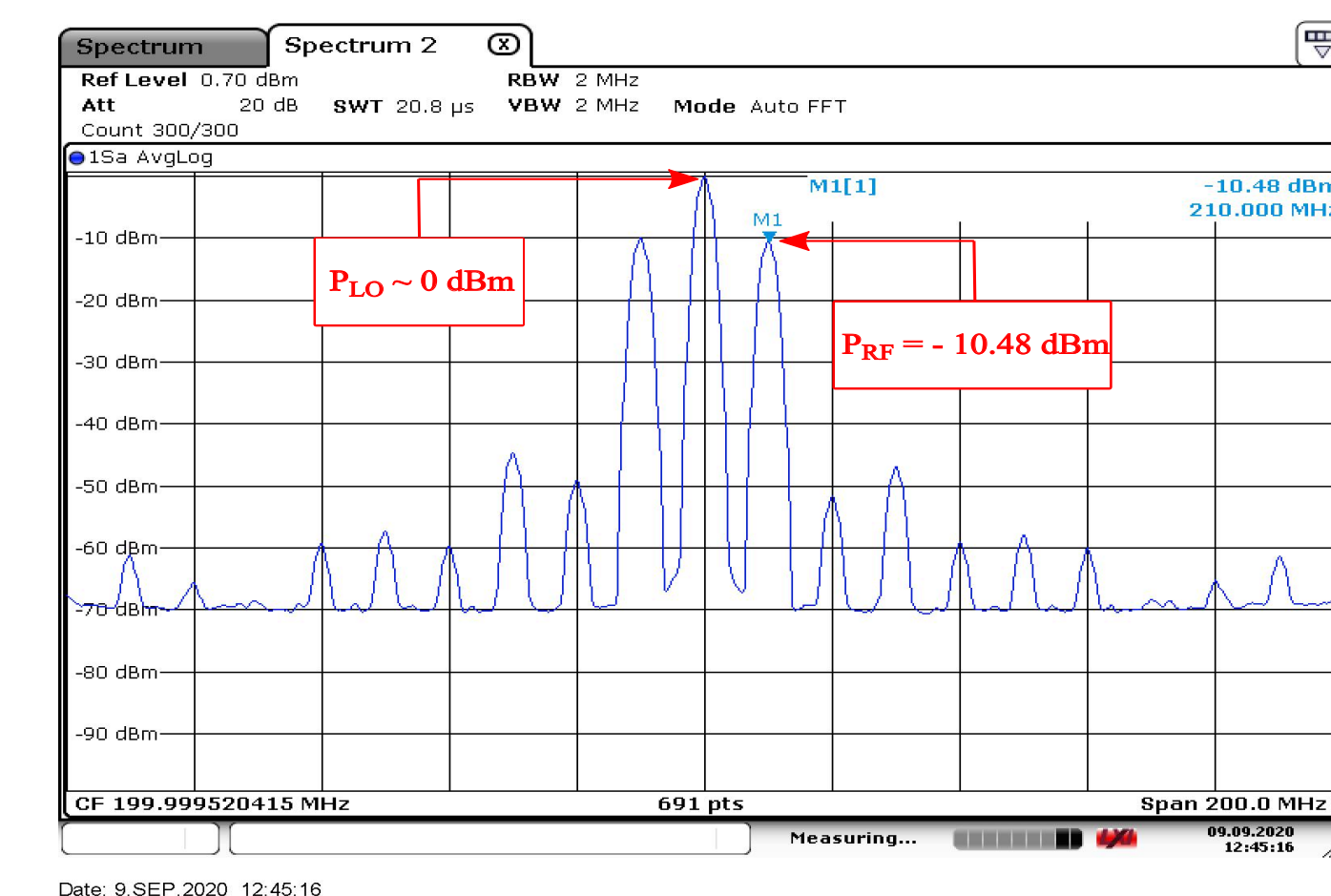


Fig. 5. Potência do sinal de saída em 210 MHz com *mixers* no transmissor e no receptor.

Observam-se abaixo, na Fig. 6, as potências de saída para o enlace em 120 MHz, sem e com a presença dos *mixers*.

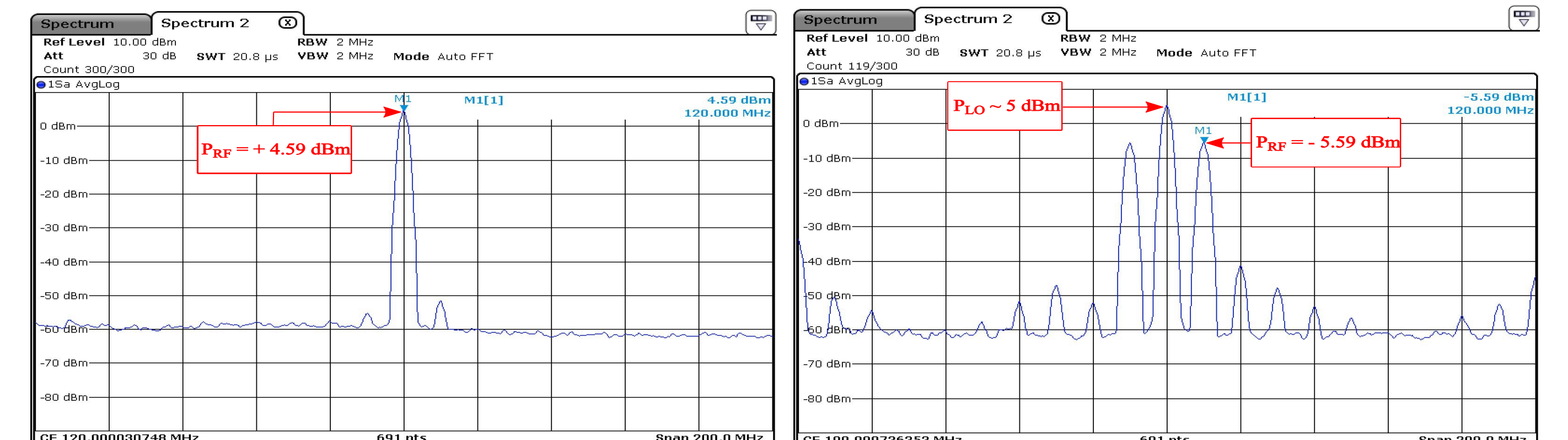


Fig. 6. Potência elétrica de saída para o sinal RF em 120 MHz.

Na Tabela I são apresentados os valores obtidos de ganhos de RF para as diferentes configurações de enlace experimentadas.

TABELA I

POTÊNCIAS ELÉTRICAS NA SAÍDA DO ENLACE E OS RESPECTIVOS GANHOS DE RF

Parâmetros	Circuito sem <i>upconversion</i>		Circuito com <i>upconversion</i>	
	$f_{RF} = 210$ MHz	$f_{RF} = 210$ MHz	$f_{RF} = 210$ MHz	$f_{RF} = 120$ MHz
P_{RF} (sem <i>mixer</i>)	- 17,01 dBm	- 17,01 dBm	- 17,01 dBm	+ 4,59 dBm
P_{IF} / P_{RF} (com <i>mixer</i>)	- 4,59 dBm	- 10,48 dBm	- 10,48 dBm	- 5,59 dBm
G_{RF}	+ 12,42 dB	+ 6,53 dB	+ 6,53 dB	- 10,18 dB

IV. CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos, pode-se observar que foi possível contornar os efeitos negativos causados pela limitação de banda do PD e também da alta atenuação causada pela POF PMMA.

Enlaces optoeletrônicos com as características definidas nesse trabalho podem ser mostrar viáveis de serem empregados em sistemas de comunicações cuja distância entre transmissor e receptor seja da ordem de 500m, onde os efeitos indesejáveis de atenuação e/ou dispersão não irão comprometer de forma significativa a integridade do sinal IF em baixa frequência.

Futuramente, novos experimentos envolvendo medidas no domínio do tempo serão realizadas, de forma que seja possível investigar com maiores detalhes tanto as limitações impostas pela dispersão modal da POF PMMA, quanto o ruído modal que deverá ser apresentado em virtude da fibra empregada ser multimodo.

REFERÊNCIAS

- J. Capmany and D. Novak, "Microwave photonics combines two worlds", *Nature Photonics*, vol. 1, pp. 319330, 06 2007.
- A. Gonçalves, F. Ivo, R. Richter, and O. Coutinho, "High sensitivity long pulse envelope detector assisted by microwave photonics," 10 2021.