

José Nunes Ramalho Croca

Curriculum Vitae

- 1 - Dados pessoais
- 2 - Prémios
- 3 - Actividade científica e profissional
- 4 - Orientação de estudantes pós graduados
- 5 - Actividade de investigação
- 6 - Conferências em que participou, foi convidado, ou apresentou comunicações sob a forma de posters
- 7 - Comunicações apresentadas em conferências
- 8 - Publicações
- 9 - Funções de consultadoria
- 10 - Actividades de divulgação científica, Seminários, Palestras ou outras
- 11 - Outras funções

1 **DADOS PESSOAIS**

Nome: José Nunes Ramalho Croca

Data de Nascimento: 4 de Março de 1944 em Cabeção, concelho de Mora, distrito de Évora

Direcção: Departamento de Física Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Campo Grande, Ed. C8 – 1749-016 Lisboa, Portugal

email croca@fc.ul.pt

Casa:

Trav. Portuguesa, 6, 3
1200-352 Lisboa

Estado: Viúvo, 2 filhos

Grau Académico: Agregado na Área de Física

Nacionalidade: Portuguesa

Educação: Licenciatura em Física em 1973 pela Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa

Doutoramento em Física em 1985 pela Universidade de Lisboa

Agregação na Área de Física em 1998 pela Universidade de Lisboa

Título Académico: Professor Doutor

2 PRÉMIOS

Galardoado com o Prémio Santilli-Galileu 2008 – Gold Medal, for The Crusading Work Towards the Demise of the Prevailing Scientific Obscurantism.

Galardoado com o Prémio Federação Internacional Racionalista, FIR 2008, pelo seu trabalho na promoção da **RAZÃO**.

3 ACTIVIDADE CIENTÍFICA E PROFISSIONAL

1972/73	Licenciatura em Física, tendo feito a monografia científica sob a orientação do Professor Andrade e Silva sobre o tema Distribuições Generalizadas em Mecânica Ondulatória
1973	Entra para o Departamento de Física como assistente eventual a 5 de Setembro
1973/74	Integrado no grupo de investigação sobre os fundamentos da Mecânica Quântica sob a orientação do Prof. Andrade e Silva, prossegue o estudo do problema geral da medida em Mecânica Quântica, com especial relevo para o problema da descrição dos operadores quânticos em coordenadas generalizadas.
1976	Passa à categoria de Assistente em 14 de Janeiro.
1976	Começa estudar, sobre a orientação do Professor Andrade e Silva, o Efeito de Túnel, dentro do quadro conceptual da teoria causal da dupla solução de Louis de Broglie.
1979/80	Foi bolseiro do INIC, Instituto Nacional de Investigação Científica.

- 1985 A 15 de Julho apresenta a tese de doutoramento intitulada *O Efeito de Túnel na Formulação Causal da Mecânica Quântica*.
- 1986 A 14 de Fevereiro toma posse do Cargo de Professor Auxiliar (a contar de 15 de Julho de 1985) do Departamento de Física.
- 1986/87 Professor visitante no Departamento de Física da Universidade de Bari, Itália.
- 1986/87 Professor visitante no Departamento de Física da Universidade de Catania, Itália.
- 1986/87 Professor visitante ao Laboratório de Óptica da Escola Normal Superior de Pisa, Itália.
- 1988 Professor visitante no Departamento de Física da Universidade de Bari durante o mês de Outubro.
- 1989 Professor visitante no Departamento de Física da Universidade de Bari durante o mês de Setembro.
- 1990 Depois de apresentar provas documentais e ser votado, pelos membros de direito, adquire a nomeação definitiva como Professor Auxiliar do Departamento de Física da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa.
- 1990 Professor visitante no Departamento de Física da Universidade de Bari durante o mês de Maio.
- 1992 Professor visitante no Departamento de Física da Universidade de Rochester, Nova York durante os meses de Julho e Agosto.

- 1992 Professor visitante no Departamento de Física da Universidade de Bari durante os meses de Agosto e Setembro.
- 1998 Realizou provas de Agregação na Área de Física na Universidade de Lisboa.
- 2003 Investigador do Centro de Filosofia das Ciências da Universidade de Lisboa.

- 2009
- Professor visitante na Universidade de Tel Aviv, Israel durante os meses de Março e Abril.
- Professor visitante na Universidade de Bari, Itália, durante os meses de Setembro e Outubro.

4 ACTIVIDADE DOCENTE

Encarregado entre outras da regência teórica entre outras das seguintes disciplinas:

- História das Ideias em Física (1984/85), (1989/90).
- Teorias Quânticas (1984/85), (1985/86).
- Mecânica Física (1985/86).
- Elementos de Física I (1987/88).
- Complementos de Electromagnetismo de 1992 a 1994.
- Óptica e Acústica 1998

Encarregado entre outras das aulas práticas ou teórico-práticas:

- História das Ideias em Física nos anos de (1974/81), (1983/84) e (1987/92).
- História das Ciências (1981/82).
- Mecânica Quântica (1974/85)
- Mecânica Quântica Complementar II (1973/74).
- Mecânica Quântica Complementar I (1974/1975).
- Física Geral I, (1973/74).
- Física Estatística (1983/84).
- Física Laboratorial III (1985/86)
- Mecânica Física (1985/86).
- Elementos de Física I (1987/88).
- Introdução à Física Moderna (1987/88).
- Óptica I (1989/90).
- Óptica (1996/97).
- Introdução à Física Experimental (1989/90), (1992/97).
- Física II (1990/92) e (1995/1997).
- Electrónica
- Física Experimental II
- Telescópios e Instrumentação

- Participou no Programa Foco (1994/1996) no módulo de Luz e Cor.

Outras actividades docentes:

- Regência da cadeira de Óptica na Escola Naval de 1987/2006
- Mestrado da Universidade Aberta, Regente do curso teórico: Tópicos de Mecânica Quântica, nos anos 1998-2000.
- Mestrado da Universidade dos Açores, Regente do curso teórico: Complementos de Mecânica Quântica, no ano 2004.
- Orientação Científica de Estágios Pedagógicos em diversas escolas, nomeadamente: Liceu Pedro Nunes (1985/86), Liceu D. João de Castro (1990/91), Escola Secundária Francisco Franco, Madeira (1994/95), Escola Secundária do Laranjeiro (1995/96), Escola Secundária do Feijó e Amora (1997/1998), Escola Secundária Padre António Vieira (1998/1999), Escola Secundária Pe Abílio Mendes (2001)2002), Escola Secundária Aristides Sousa (2001)2002).
- Orientação de Estágio Científico (1985/86) sobre o tema: *As Relações de Heisenberg*.
- Orientação de Seminários de Licenciatura.
- Júri de diversos Estágios de Licenciatura.
- Júri de provas de vários Doutoramento.
- Curso de Óptica aplicada à construção de telescópios na Associação Portuguesa de Astrónomos Amadores, a título gratuito, nos anos 1976/79.
- Curso sobre os Fundamentos da Física Quântica, 2006

ORIENTAÇÃO DE ESTUDANTES PÓS GRADUADOS

Doutoramento

- João Pedro Marto, *Interferência não local de trens de ondas*, 2004
- João Luís Lemos e Silva Cordovil - *Os problemas filosóficos da questão da localidade na Mecânica Quântica* (início em 2004, em curso de realização)

- João Eduardo Farias de Araújo, *Causalidade, Não-linearidade na Física quântica*.

- Ana Figueiredo, *Arte e Ciência em Leonardo da Vinci*.

Pós Doc

- Gil da Costa Santos, *Uma Teoria Não-Linear da Emergência*.

Mestrado

- João Paulo Príncipe, *Sobre a gênese e significado das relações de Heisenberg dentro do paradigma bohreano.*
- Cecília Silva, *Elaboração de um sistema simples para obtenção de hologramas, 2002.*
- Conceição Maria Pires Alencão, *Estratégias construtivistas no ensino da Física, sua aplicação em aulas de óptica do 8º ano de escolaridade. 2001.*

5 ACTIVIDADE DE INVESTIGAÇÃO

A minha actividade de investigação tem-se centrado sobretudo no estudo dos fundamentos da mecânica quântica e sua extensão a toda a física, concretamente nas seguintes vertentes:

a) Fundamentos da Mecânica Quântica. O objectivo de tal pesquisa relaciona-se com o problema da rejeição da causalidade e da não localidade introduzida no primeiro quartel do século XX na Física Quântica por Niels Bohr. Será que ao nível quântico os sistemas físicos não são passíveis de descrição em termos do espaço e do tempo? Será que estes conceitos que tão fecundos se revelaram no passado são hoje meros instrumentos caducos e totalmente ultrapassados? É certo que grandes físicos do nosso século XX, como Einstein, de Broglie e muitos outros sempre acharam que tal proposta resultava muito insatisfatória. O espaço e o tempo deveriam continuar a ser as pedras basilares para nos ajudarem a entender e a desvendar os segredos da Natureza.

O combate em defesa da causalidade começou logo no início da formação da mecânica quântica. Uma plêiade de físicos, dos quais poderemos referir, alguns dos próprios fundadores da Mecânica Quântica, tais como: Einstein, de Broglie, Schrödinger e Max Planck, sempre se opuseram ao paradigma indeterminista borheano. Deste enorme esforço, o mais bem sucedido deve-se, sem dúvida, ao grande físico francês, Louis de Broglie, que foi capaz de elaborar uma primeira teoria linear causal consistente que serviu de base aos mais recentes desenvolvimentos. No entanto todos estes esforços, para repor a causalidade e individualidade, foram feitos dentro da ontologia, não local e não temporal, de Fourier. Precisamente, em virtude deste mesmo facto, todo esse trabalho estava, de certo modo e desde logo à partida, inevitavelmente condenado apenas a um sucesso parcial.

Enquanto se aceitar, como ponto de partida, que só uma onda infinita tem uma frequência e portanto uma energia bem definida, não é possível conceber sinais finitos no tempo e no espaço com uma energia bem definida. Isto porque um sinal finito, no paradigma borehano indeterminista, que estabelece a ontologia de Fourier, resulta sempre, necessariamente, de uma sobreposição de ondas harmónicas “perfeitas”, cada qual com a sua frequência bem definida e portanto com uma energia própria bem definida. Por esta mesma razão não é possível conceber sistemas objectivos dotados de propriedades locais e simultaneamente possuindo individualidade própria.

Afirmar que qualquer sistema físico finito é constituído, em última análise, por ondas harmónicas infinitas equivale [como mostrei no Invited talk, *Local Analysis By Wavelets Versus Nonlocal Fourier Analysis*, at International Workshop ad memoriam of Carlo Novero, *Advances in Foundations of Quantum*

Mechanics and quantum Information with atoms and Photons, Turim, May 2006] simplesmente à rejeição da localidade e da individualidade.

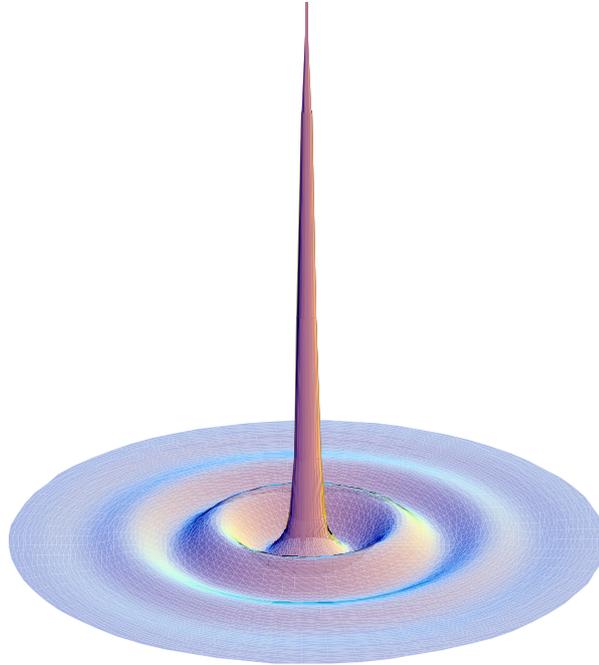
Estes factos levam-nos a pensar que Niels Bohr procedeu com muita argúcia ao promover o instrumento matemático, desenvolvido por Fourier, de simples regra de composição de funções ao estatuto de uma ontologia. Com este passo conseguiu obter, de uma vez para todas, a não localização intrínseca, quer dizer, a omnipresença, dos sistemas físicos, arrastando directamente à rejeição da existência de uma realidade objectiva.

Agora, que estamos mais distanciados no tempo, podemos compreender e avaliar devidamente as dificuldades que enfrentaram todos aqueles que se esforçavam por repor o causalismo, a separabilidade e a individualidade na physis. Estando logo à partida espartilhados pela aceitação implícita de uma ontologia não local, cujas verdadeiras implicações eram então pouco claras, não podiam construir uma verdadeira teoria causal local. A elaboração de uma teoria causal que garantisse a individualidade dos sistemas, resultava, dentro deste quadro conceptual, uma tarefa deveras difícil, para não dizer mesmo de todo impossível.

Para se romper este ciclo vicioso tornou-se necessário recusar, de uma vez por todas, a ontologia de Fourier. É preciso aceitar que um sinal, um impulso, finito pode, na verdade, possuir uma frequência e consequentemente uma energia bem definida.

Por mais estranho que possa parecer, os primeiros passos ao longo desta senda foram dados, não nos chamados, por alguns, altos domínios da física teórica, mas sim nos “simples” domínios das aplicações da física onde os investigadores estão permanentemente confrontados com a realidade prática do dia a dia e por isso tem que ter os pés bem assentes na terra. Foi precisamente no domínio das Ciências da Terra que a aventura começou. O geofísico Jean Morlet, nos anos 80 do século XX, estava empenhado em desenvolver um processo que lhe permitisse prever com maior eficácia a localização de jazigos de petróleo. Por isso, como a análise não-local de Fourier se mostrasse inadequada para tratar o problema em questão, desenvolveu um novo processo designado, mais tarde, por análise local em onduletas ou ondas finitas. Esta análise por ondas finitas constitui um domínio da matemática presentemente em desenvolvimento explosivo devido sobretudo à sua grande eficácia no tratamento de informação.

A aplicação das onduletas gaussianas permite elaborar um bom modelo matemático causal de partícula quântica, contemplando, ao mesmo tempo, o seu carácter local e extenso e possuindo, simultaneamente, uma energia bem definida.



Modelo de partícula quântica

Por outro lado, a análise por onduletas gaussianas, permite ainda derivar [como mostrei pela primeira vez na qualidade de Invited speaker no International Symposium on Fundamental Problems in quantum Physics, 29 August - September 1993, Oviedo Spain, onde apresentei a comunicação *On the Uncertainty Relations* e, no ano seguinte, no Third UK Conference On the Foundations of Quantum Theory and Relativity at Cambridge, September 1994 onde apresentei a comunicação *On the Meaning of the Uncertainty Relations*] uma expressão matemática mais geral para as relações de incerteza. Estas novas relações, mais gerais, contêm, do ponto de vista formal, as relações usuais de Heisenberg como um simples caso particular.

Armados destas ferramentas conceptuais torna-se então possível proceder a uma síntese global, [ver, JR Croca, *Towards a Nonlinear Quantum Physics*, World Scientific, London, 2003] coerente e objectiva da física clássica e da física quântica. Nesta síntese, toma-se como ponto de partida a existência de uma realidade objectiva una e independentemente do observador. Naturalmente, existe a noção de que o observador interactua com essa mesma natureza, de que faz parte, podendo eventualmente modifica-la em maior ou menor grau. Assim a física clássica e a física quântica correspondem apenas a níveis diferentes de descrição, a escalas diversas de observação, da mesma realidade.

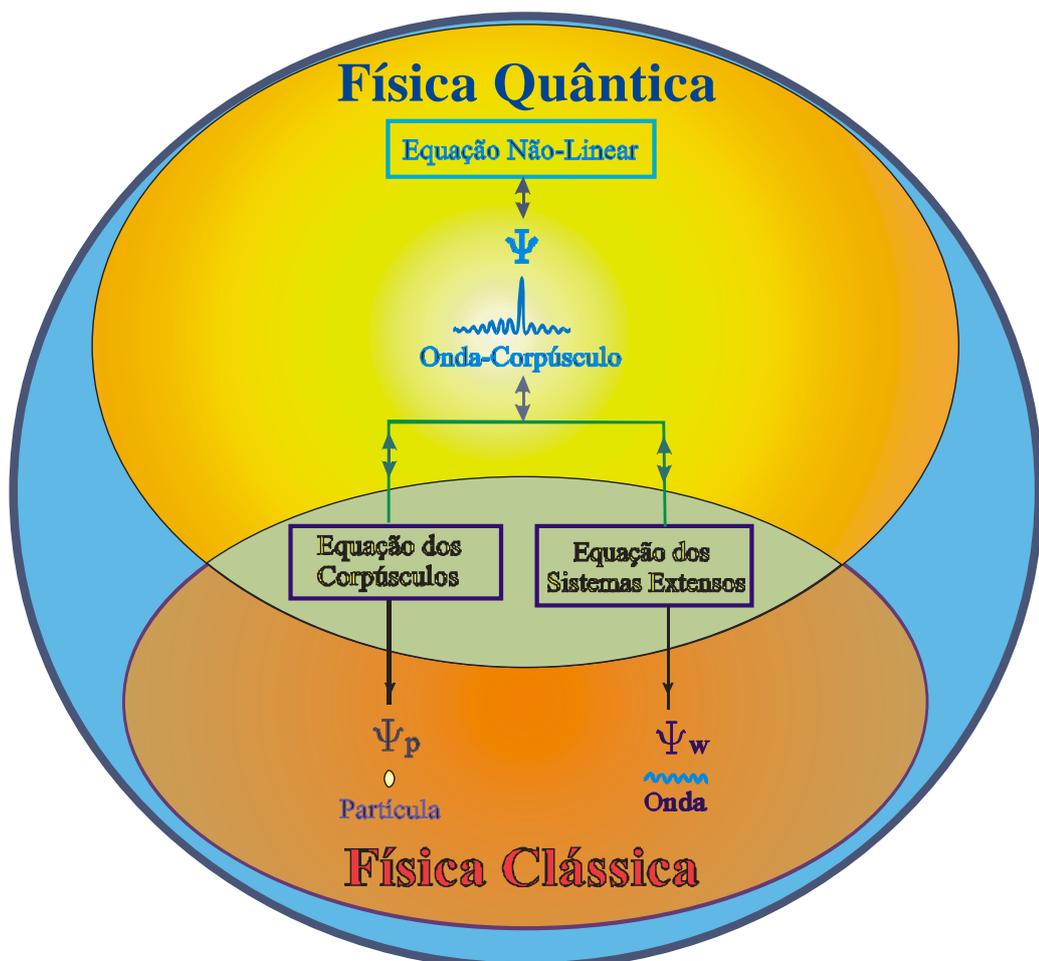
Ao nível de descrição da física clássica os sistemas locais, os corpúsculos, e os sistemas extensos, como por exemplo as ondas, são entendidos como realidades independentes. Nestas condições, são, naturalmente, descritos por equações diferentes.

À escala quântica esta dicotomia do local e do extenso perde todo o sentido. A localização e a extensão são integradas num todo. Esta entidade única onda-corpúsculo é agora descrita por uma única equação não linear.

Nestas condições podemos dizer que a física clássica deriva, é um caso particular, da descrição quântica quando a unidade onda-corpúsculo é rompida, passando estas propriedades dos sistemas a ser tratadas como realidades independentes. A equação fundamental não-linear, à escala quântica, dá origem a duas equações, uma para os corpúsculos, outra para as ondas, cujas soluções são neste caso tratadas como realidades independentes.

Simetricamente, podemos dizer que a física quântica mais não é que uma extensão, uma generalização, da física clássica onde o aspecto extenso e local passam a ser considerados como um todo. Assim, por fusão das duas equações fundamentais da física clássica é possível obter a equação fundamental não-linear que descreve os fenómenos à escala quântica.

Esta síntese global entre os dois níveis, ou escalas, de descrição da realidade objectiva encontra-se esquematizada na figura seguinte:



A realidade é una e objectiva. Aquilo que varia é simplesmente o modo como descrevemos essa mesma realidade.

Ao nível quântico, à escala quântica, já não é possível simplificar e separar o carácter extenso do local.

À escala clássica, de descrição, torna-se muito mais cómodo tratar estas duas características dos sistemas como propriedades independentes.

O problema que agora se coloca é o de saber qual a validade desta teoria causal, mais geral, sobretudo quando comparada com a teoria ortodoxa de Copenhague.

Felizmente, trata-se de uma disputa entre teorias físicas. Por isso, em linha de princípio, sabemos como dirimir a questão. Qualquer teoria física, digna desse nome, só pode ser validada ou invalidada pela evidência experimental. Assim o que temos que fazer é submeter as duas teorias em disputa ao veredicto da experiência.

Um dos domínios mais propícios a este teste está relacionado com as relações de incerteza. Trata-se, em última análise, de saber se as relações de indeterminação de Heisenberg que, como se sabe, constituem o cerne, o suporte basilar, de toda a teoria quântica ortodoxa, constituem de facto a expressão última da nossa capacidade de medir, portanto de conhecer a Natureza ao nível experimental. Ou se, pelo contrário, a Natureza deve ser descrita pelas relações de incerteza causais, mais gerais, que contém, formalmente, as usuais de Heisenberg como um simples caso particular. Posto de outra forma: Será que as relações usuais de Heisenberg descrevem todo o universo experimental, ou será existem domínios que escapando à sua capacidade de análise e previsão são perfeitamente integradas nas relações mais gerais de incerteza?

De facto [como mostrei publicamente pela primeira vez na sessão plenária, no Merton College, antes do encerramento na 5th UK Conference on the *Conceptual and Philosophical Problems in Physics*, at Oxford, September 1996 onde apresentei a comunicação *Experimental Violation of Heisenberg Uncertainty Relations*] existem situações experimentais concretas, muito especiais, que no seu dia a dia falsificam a validade geral das relações de Heisenberg. Com efeito, trata-se das observações realizadas com o *apertureless scanning optical microscope*. Este super microscópio pertence a uma família de microscópios, recentemente desenvolvido por investigadores da IBM. A resolução prática destes super microscópios ultrapassa largamente a resolução teórica máxima dos microscópios comuns, também designados de microscópios de Fourier. Esta resolução teórica, máxima para qualquer microscópio comum, dada pelo critério de Abbe, é de meio comprimento de onda. Verifica-se que o funcionamento destes super microscópios não é descrito pelas relações de indeterminação de Heisenberg. Este facto mostra claramente que as relações de indeterminação de Heisenberg, afinal, não são tão gerais quanto os seguidores da mecânica quântica

ortodoxa apregoavam. Na verdade existem limites para a sua capacidade de descrição da realidade. Naturalmente estas observações, realizadas com os super microscópios, são perfeitamente descritas pelas relações mais gerais de incerteza. Estes factos mostram claramente que a teoria quântica de Copenhague, necessita de ser substituída pela teoria causal não-linear mais geral. Naturalmente, tal como se passou com a superação da física clássica, todos os ganhos cognitivos a nível experimental conseguidos pela velha teoria ortodoxa, mantêm toda a sua validade. Só que agora, o seu universo de explicação e previsão foi alargado por uma teoria mais geral causal e não-linear.

Com vista melhor esclarecer este assunto, e ao mesmo tempo para confirmação dos resultados anteriores, existem várias propostas de experiências concretas, desenvolvidas por mim. Vários grupos experimentais, nacionais e estrangeiros, tem manifestado interesse em realizar estas experiências, no entanto, e até agora, concretamente, nenhuma delas foi feita.

Para além das experiências relativas aos limites da validade geral das relações de Heisenberg, foram desenvolvidas outras relacionadas com o problema de saber se as ondas de matéria de de Broglie são reais ou não passam de meras abstracções matemáticas, ondas de probabilidade, desprovidas de qualquer significado físico. Algumas destas experiências [*Quantum-optical predictions for an experiment on de Broglie waves detection*, J.R. Croca, A. Garuccio, V. Lepori e R.N. Moreira, *Found. Phys. Lett.* 3(1990)557], [*J.R. Croca, Some basic differences between the Copenhagen and de Broglie interpretation of quantum mechanics leading to practical experiments*, in *The Concept of Probability*, eds. E. Bitsakis and C. Nicolaidis (Kluwer Academic Publishing, 1989)] propostas por mim e outros investigadores, já foram realizadas em importantes laboratórios internacionais, nomeadamente no Laboratório de Óptica Quântica da Universidade de Rochester (New York). Os resultados até agora obtidos não se podem ainda considerar conclusivos. Para ultrapassar este impasse foram desenvolvidas propostas de novas experiências que uma vez realizadas esclarecerão definitivamente o problema.

b) Efeito de túnel. Recentemente muitas experiências mostraram sem qualquer sombra de dúvida que os impulsos que atravessam uma barreira de potencial em condições de túnel chegam primeiro que aqueles que seguem pelo ar. Toda a comunidade científica está de acordo com os resultados experimentais. A questão consiste em saber se tais impulsos viajam com uma velocidade superluminal, quer dizer superior à velocidade da luz no vácuo, ou não? Uma vez que todos os cálculos são feitos dentro da ontologia de Fourier, torna-se muito difícil para não dizer para não dizer mesmo impossível definir a velocidade de uma onda finita. Como se viu, apenas no caso de ondas planas harmónicas, infinitas no espaço e no tempo, o problema não oferece dificuldades. Neste paradigma não-local, como vimos, apenas as ondas planas harmónicas possuem uma “verdadeira” frequência todas as outras ondas finitas mais não são que simples combinações destas ondas infinitas. Assim cada uma destas ondas finitas tem, em principio,

tantas velocidades quanto o número de ondas planas harmónicas que o constituem. Uma vez que estas ondas planas harmónicas ocupam todo o espaço e o tempo, torna-se muito difícil, para não dizer mesmo impossível saber, nesta ontologia, qual é a velocidade de uma onda finita. Como as componentes que compõem o impulso finito ocupam todo o espaço e o tempo, praticamente tudo é possível. As mais extravagantes situações podem ocorrer, tais como retroacções no tempo. Como por exemplo do impulso chegar ao seu destino antes de ser emitido pela fonte!

O objectivo deste projecto consiste no estudo da transmissão de sistemas quânticos e não quânticos em condições de túnel. Trata-se de entender e determinar a natureza das barreiras de túnel e determinar as condições e os tempos de trânsito dentro dela.

c) Nos últimos tempos comecei a estudar a extensão do princípio de guidage de Louis de Broglie e generaliza-lo da física quântica a toda a física, nomeadamente à gravitação. A este princípio, unificador de toda a física, foi dado o nome de Princípio de Euritmia [JR Croca, *The Principle of Eurhythmia a Key To The Unity Of Physics*, in the First Lisbon Colloquium for the Philosophy of Science - Unity of Science, Non traditional Approaches, Lisbon, October, 25-28, 2006]. Esta linha de investigação tem vindo a sofrer um grande incremento de tal modo que presentemente inclui todas as outras linhas, que foram integradas numa Física global a Hyperphysics.

d) Fundamentos da relatividade. Este projecto, de certa forma marginal, tem contado sobretudo com a colaboração do Professor Selleri, da Universidade de Bari. O seu objectivo consiste em desenvolver propostas de experiências de grande precisão, passíveis de realização prática, destinadas testar a invariância velocidade da luz num único sentido, *one-way experiments*. Nesse sentido já foram desenvolvidas algumas propostas de experiências. Uma vocacionada para testar a invariância de C com a velocidade da fonte emissora {J.R. Croca, *Experiment on the Independence of C*, in *Open Questions in Relativistic Physics*, Franco Selleri ed, Apeiron, Montreal, 1998}. Fundamentalmente consiste numa experiência baseada nas interferências de quarta e segunda ordem que tem uma precisão temporal da ordem do centésimo de femtosegundo, conduzindo à detecção de hipotéticas variações de C da ordem do metro por segundo ou ainda menos. Trata-se de uma experiência onde a luz viaja num único sentido, contrariamente às experiências até agora realizadas, de ida e volta, em que a luz vai e vem pelo mesmo trajecto. Outra experiência é uma *one-way* variante da experiência clássica de Michelson {*Is the One-way Velocity of Light Measurable?* J.R. Croca and F. Selleri, *Nuovo Cimento*, 114 B, 447-457 (1999)}. Posteriormente foi possível desenvolver uma experiência [JR Croca, *Experimental Proposal for Determination of One-Way Velocity of Light with One Single Clock*, a ser publicada] que permite determinar a velocidade da luz num único trajecto utilizando um único detector, rompendo assim a dita maldição de Poincaré que defendia a sua impossibilidade.

Projectos em que participou ou participa

- Em colaboração com os investigadores da Universidade de Bari (Itália) Prof. Franco Selleri, Dr. Augusto Garuccio, Dr. Gino Lepori, Dr. N. Cufaro Petroni, e ainda com o Prof. L. Pappalardo da Universidade de Catania (Itália) participei num projecto apoiado pelo INIC (Portugal) e pelo CNR (Itália). Este projecto destinou-se sobretudo ao estudo dos fundamentos da Mecânica Quântica. Um dos objectivos do projecto consistiu no estudo e análise de situações experimentais, quer concretas quer ideais quer experimentais, que permitissem esclarecer o significado da função de onda ψ . Em última análise pretendia-se saber se as ondas quânticas de matéria tem realidade física independente, como sustenta de Broglie e outros, ou, pelo contrário, não passam de uma simples representação abstracta de probabilidades matemática e portanto desprovidas de qualquer significado objectivo.
- Este projecto teve um notável êxito pois conduziu a enormes progressos neste domínio. Dele resultou todo um tratamento matemático e físico do problema que levou a uma série de propostas de experiências concretas, realizáveis na prática, capazes, em princípio, de esclarecer o problema.
- O projecto conduziu a uma primeira realização experimental pelo grupo de Óptica Quântica do Professor L. Mandel, da Universidade de Rochester, Nova Iorque, USA. A experiência realizada por esta equipa sido proposta por elementos do grupo {J.R. Croca, A. Garuccio, V.L. Lepore and R.N. Moreira, Found. Phys. Letts. 3(1990)557} baseava-se na interferência com pares de fótons produzidos por efeito paramétrico em cristais não lineares.
- Mais tarde em 1994 o Professor S. Jeffers do Departamento de Física da Universidade de Toronto, Canadá, levou a cabo uma outra experiência, proposta anteriormente {J.R. Croca, in *The Concept of Probability*, Eds. E.I. Bitsakis and C.A. Nicolaidis, (Kluwer Academic Publishers, 1989)} destinada a testar a realidade das ondas de de Broglie baseada num outro efeito. A designada auto-redução do trem de ondas.
- Esta linha de investigação contou ainda com a colaboração do grupo de investigação da Universidade de Oviedo (Espanha), grupo do Professor M. Ferrero num projecto de uma proposta experiência para testar o modelo de onda quântica de de Broglie. Por outro lado manteve um projecto de cooperação para realização concreta de um conjunto de experiências sobre as

Ondas de de Broglie, com o Laboratório de Óptica Quântica da Universidade de Minas Gerais no Brasil, sob a orientação do Professor G. Barbosa.

- Outra linha de investigação, também sobre os fundamentos da Mecânica Quântica, em que tenho trabalhado e continuo a trabalhar relaciona-se com as relações de indeterminação de Heisenberg e o problema da não localidade. O objectivo deste projecto é de saber se as relações de incerteza, tal como se encontram formuladas, constituem na verdade a nossa última possibilidade de medida. Estas relações, como demonstrado por Niels Bohr, são uma consequência directa da análise não local de Fourier. No entanto, o recente desenvolvimento matemático da análise local em onduletas levou à possibilidade de derivar {J.R. Croca, *The Limits of Heisenberg Uncertainty Relations*, in *Causality and Locality in Modern Physics*, Jeffers et al. eds. (Kluwer, 1997)} relações de incerteza mais gerais que contêm as relações usuais de Heisenberg como caso particular. Trata-se agora de saber se tais relações, mais gerais, tem algum significado físico ou se são apenas meros resultados matemáticos.
- Do ponto de vista teórico este projecto tem tido a cooperação de investigadores dos Departamentos de Física (Professor A. Rica da Silva) e Matemática (Professor J. Sousa Ramos) do Instituto Superior Técnico.
- Do ponto de vista experimental este projecto teve a colaboração, durante algum tempo (1989/91), do Professor Scheer da Universidade de Bremen e o seu grupo composto pelo Drs. M. Schimdt e T. Kock.
- Tudo indica que este projecto teve notável êxito pois foi possível levar a cabo grande parte dos seus objectivos. De facto, como consequência dele, foram elaboradas propostas para um conjunto de experiências {J.R. Croca, *On the Uncertainty Relations*, in *Fundamental Problems in Quantum Physics*, M. Ferrero and A. van der Merwe (eds.), (Kluwer, 1995)} passíveis de realização prática com a tecnologia disponível. O objectivo de tais experiências é testar a validade geral das relações de incerteza como foram enunciadas por Heisenberg, contra a nova formalização mais geral derivada da análise local em onduletas.
- O estudo cuidadoso do funcionamento dos microscópios, da nova geração, que falsificam na prática o critério de resolução teórica máxima de meio comprimento de onda, levou à demonstração de que com um certo tipo destes microscópios, é possível ultrapassar os limites impostos à medida pelas relações de Heisenberg. De facto foi possível mostrar que o *apertureless scanning optical microscope*, que não trabalha em regime de efeito de túnel, falsifica, por um factor de 1/25, as usuais relações de incerteza. Esta demonstração foi apresentada pela primeira vez (Setembro, 1996) {J.R. Croca, *Experimental Violation of Heisenberg Uncertainty Relations*} na International Conference on the Foundations of Quantum Mechanics, The 5th

Conference at Oxford. A apresentação foi muito bem recebida pela numerosa audiência, tendo o assunto sido discutido com grande entusiasmo. Convém ainda referir que até ao presente não foi ainda apresentado qualquer argumento, digno de relevo, capaz de por em causa a demonstração.

- Por outro lado, ainda relacionado com o projecto anterior estou a trabalhar em Mecânica Quântica não-linear e teoria da análise local em onduletas. Esta investigação tem contado com a colaboração do Professor R. Nobre Moreira, do Departamento de Física da FCUL e do Grupo do Instituto Superior Técnico constituído pelos investigadores dos Departamentos de Física (Professor A. Rica da Silva) e Matemática (Professor J. Sousa Ramos). Um dos objectivos do projecto é o estudo da equação fundamental não-linear e respectivas soluções, nomeadamente soluções não dispersivas ondulatorias tipo solitões que possam comportar simultaneamente o aspecto corpuscular e ondulatorio. Esta teoria causal, na linha directa da teoria de de Broglie, prevê que as partículas, ainda que extensas, são localizadas e descritas, em primeira aproximação, por onduletas finitas no espaço e no tempo. Como consequência directa de tais hipóteses foi possível deduzir a expressão que relaciona o verdadeiro comprimento da partícula, a região onde esta pode provocar efeitos interferométricos, com o comprimento de onda de de Broglie, {J.R. Croca, *The Uncertainty Relations*, Apeiron, vol. 6, Nr. 3-4 pp 151-165, 1999}.
- Este projecto sobre os fundamentos de Física Quântica, culminou com a publicação de um livro encomendado pela World Scientific, (J.R. Croca, *Towards a Nonlinear Quantum Physics*, World Scientific, London, 2003) onde se encontra elaborada uma síntese global causal entre a física clássica e a física quântica.
- Projecto sobre a Física Global não-linear, a Hyperphysis, baseada no princípio organizacional da Eritmia Este projecto conta com a colaboração do Professor RN Moreira, do Professor Mário Gatta da Universidade dos Açores e ainda com o Professor Amaro Rica da Silva do Instituto Superior Técnico, do professor Gildo Magalhães da universidade de São paulo, Brasi, Professor Marcelo dascal, da universidade de tel Aviv., Israel, e ainda os estudantes de doutoramento, pos-doutoramento e colaboradores do projecto de investigação Fundamentos de Física Quântica.
- Estudo da transmissão de sistemas quânticos em condições de túnel. O objectivo deste projecto consiste em determinar as condições e os tempos de trânsito dentro da barreira de potencial em condições de túnel.
- Projecto sobre os fundamentos da relatividade. Este projecto contou com a colaboração do Professor Selleri, da Universidade de Bari, e do Professor Rica da Silva, do Instituto Superior Técnico. Tratava-se de desenvolver propostas de experiências concretas para testar a invariância velocidade da

luz num único sentido. Nesse sentido desenvolveu-se de uma proposta de experiência para testar a invariância de C com a velocidade da fonte emissora {J.R. Croca, *Experiment on the Independence of C* , in *Open Questions in Relativistic Physics*, Franco Selleri ed, Apeiron, Montreal, 1998}. Fundamentalmente consiste de uma experiência baseada nas interferências de quarta e segunda ordem que tem uma precisão temporal da ordem do centésimo de femtosegundo, conduzindo à detecção de hipotéticas variações de c da ordem do metro por segundo ou ainda menos. Trata-se de uma *one-way experiment* onde a luz viaja num único sentido, contrariamente às experiências até agora realizadas, de ida e volta, em que a luz vai e vem pelo mesmo trajecto. Posteriormente foi possível desenvolver uma experiência [JR Croca, *Experimental Proposal for Determination of One-Way Velocity of Light with One Single Clock*, a ser publicada] que permite determinar a velocidade da luz num único trajecto utilizando um único detector, rompendo assim a dita maldição de Poincaré que defendia a sua impossibilidade. Este projecto foi ultimamente integrado no projecto da Hyperphysics.

6 CONFERÊNCIAS EM QUE PARTICIPOU OU FOI CONVIDADO OU APRESENTOU COMUNICAÇÕES SOB FORMA DE POSTERS

- 1974 Participou no 1º Congresso Nacional de Mecânica Teórica e Aplicada, realizado em Lisboa em 1974.
- 1985 Participou na Conferência Internacional de Urbino (Itália) Microphysical Reality and Quantum Formalism em Setembro de 1985.
- 1986 Congresso de Física 86 realizado em Braga em 1986 onde apresentou: Um poster intitulado *Algumas Propostas de Experiências de Ondas Vazias*. Em colaboração com R.N. Moreira um outro poster sobre o tema: *Determinação da Distribuição Interferencial numa experiência com Três Fontes*.
- 1987 International Workshop on Matter Wave Interferometry, realizado em Viena (Austria) em 1987 onde apresentou em colaboração com o Dr. A. Garuccio, investigador da Universidade de Bari, um poster intitulado: *A New Way to Detect de Broglie's Empty Waves by Neutron Interferometry*.
- 1988 Congresso Física 88 realizado em Aveiro onde apresentou um poster sobre o tema: *É a função Ψ uma Onda Real ou de Probabilidade?*
- 1988 Orador convidado (Invited speaker) no Congresso Internacional Philosophical Foundations of Quantum Theory realizado em Nova Deli (India) em 1988.

- 1989 Orador convidado (Invited speaker) na International Conference on the Conceptual Foundations of Quantum Theory - In Search of Quantum Reality, realizado em Nova Deli (India) em 1989.
- 1990 Congresso de Física 90, Setembro 24-27 1990, realizado em Lisboa onde apresentou os posters: *Sobre a Expansão Ilimitada dos Trens de Ondas Materiais*.
- 1990 Congresso de Física 90, Setembro 24-27 1990, realizado em Lisboa onde apresentou os posters em colaboração com A. Rica da Silva, *Relações de Dispersão para a Sobreposição de Impulsos Monocromáticos Limitados*.
- 1990 Congresso de Física 90, Setembro 24-27 1990, realizado em Lisboa onde apresentou os posters em colaboração com R.N. Moreira, *Previsões, de acordo com a electrodinâmica quântica, dos resultados de uma experiência de interferência de dois fótons com colapso da função de onda numa das vias*.
- 1991 Convidado a participar Congresso Internacional Nato ARW Quantum Measurements in Optics realizado em Cortina d'Ampezzo (Itália) realizado de 21-25 de Janeiro de 1991, onde apresentou dois posters: *Test on the Reality of de Broglie Waves with two Coherent Photons* e *Will it be possible to make a Light Source with Δv independent of Δt ?*

7 **COMUNICAÇÕES** **APRESENTADAS** **EM**
CONFERÊNCIAS

1976 Participou no 2º Congresso Nacional de Mecânica Teórica e Aplicada, realizado em Lisboa em 1976 onde apresentou uma comunicação *Sur les Modeles Stochastiques pour l'Effet Tunnel en Mecanique Quantique* em colaboração com J. Andrade e Silva.

1984 Participou no Congresso de Física, Física 84, realizado em Évora em 1984 onde apresentou uma comunicação intitulada *Situações Experimentais em que a Interpretação Usual da Mecânica Quântica é Posta em Causa*.

1987 Orador convidado (Invited speaker) no Congresso Internacional Problems in Quantum Physics; Gdansk'87, Recent and Future Experiments and Interpretations realizado em 1987 em Gdansk (Polónia) onde apresentou o tema: *Some Experiments to Prove or Disprove the Existencia of the Matter Waves of de Broglie*.

1987 Orador convidado (Invited speaker) no Congresso Internacional Third International Meeting on Epistemology - The Concept of Probability realizado em Delfos (Grécia) em 1987 onde apresentou a comunicação: *Some Basic Differences Between the Copenhagen and de Broglie Interpretation of Quantum Mechanics Leading to Practical Experiments*.

1987 4º Congresso Nacional de Mecânica Teórica e Aplicada realizado em Coimbra em Dezembro de 1987, onde apresentou a comunicação de título *Sobre a Natureza das Ondas de de Broglie*.

- 1992 Orador convidado (Invited speaker) na Waves and Particles in Light and Matter. Workshop in occasion of Louis de Broglie's 100 anniversary, Setembro 24-30 de 1992 em Trani Itália onde apresentou a comunicação *In Quest of de Broglie Waves*.
- 1993 Orador convidado (Invited speaker) no International Symposium on Fundamental Problems in quantum Physics, 29 August - September 1993, Oviedo Spain, onde apresentou a comunicação *On the Uncertainty Relations*.
- 1994 Orador convidado nos Diálogos Disciplinares - As Artes e as Ciências em Fim de Milénio na Fundação Calouste Gulbenkian, Maio 1994 onde apresentou a palestra *O Espaço e o Tempo na Física Quântica*.
- 1994 Third UK Conference On the Foundations of Quantum Theory and Relativity at Cambridge, September 1994 onde apresentou a comunicação *On the Meaning of the Uncertainty Relations*.
- 1995 The Present Status of the Quantum Theory of Light, Toronto, August 1995, onde apresentou a *comunicação Experiments to Teste the Reality of de Broglie Waves*.
- 1996 Fourth UK Conference On the Foundations of Quantum Theory and Relativity at Oxford, September 1996 onde apresentou a comunicação *Experimental Violation of Heisenberg Uncertainty Relations*.
- 1997 Orador convidado no Workshop, Problemas Conceptuales en Física Cuántica y Relatividad, em Sevilla, Abril de 1997, onde

apresentou a comunicação *Counter Example to the General Validity of Heisenberg Uncertainty Relations*.

- 1997 Orador convidado na International Conference, Relativistic Physics and some of its Applications, em Atenas, Junho de 1997, onde apresentou a comunicação: *Experiments on the Invariance of C*.
- 1997 International Symposium, Causality and Locality in Modern Physics and Astronomy- Open Questions and Possible Solutions. em Toronto, Agosto de 1997, onde apresentou a comunicação: *The limits of Heisenberg's Uncertainty Relations*.
- 2000 Orador convidado, International Symposium, Vigier III, em Berkeley, Agosto de 2000, onde apresentou a comunicação *Beyond Heisenber's Uncertainty Limits*.
- 2001 Orador convidado no *Colóquio A Mente a Religião e a Ciência* Universidade de Lisboa, 30 de Novembro de 2001, onde apresentou a comunicação *A Realidade na Física Quântica*.
- 2002 Orador convidado no Simpósium Internacional A razão e Espírito Científico, Novembro de 2003, onde apresentou uma comunicação *A Razão na Física Quântica*.
- 2003 Orador convidado nos Diálogos Disciplinares in As Ciências e as Artes na Viragem do Milénio onde apresentou a comunicação *O Espaço e o Tempo na Física Quântica*.
- 2003 Orador convidado no Colóquio A Mente a Religião e a Ciência, 2003, onde

apresentou a comunicação *Realidade na Física Quântica*.

2006 Orador convidado, no International Workshop ad memoriam of Carlo Novero, *Advances in Foundations of Quantum Mechanics and quantum Information with atoms and Photons*, Turim, May 2006, onde apresentou a comunicação *Local Analysis By Wavelets Versus Nonlocal Fourier Analysis*.

2006 Orador convidado no First Lisbon Colloquium for the Philosophy of Science - Unity of Science, Non traditional Approaches, Lisbon, October, 25-28, 2006, onde apresentou a comunicação *The Principle of Eurhythm a Key To The Unity Of Physics*

2008 Orador convidado International Conference EXPRESSIONS OF ANALOGY Faculdade de Ciências Sociais e Humanas, Universidade Nova de Lisboa Calouste Gulbenkian Foundation 29th to 31st May 2008 where he delivered the talk: Quantum Physics Separability and Non-Separability

2009 IV Jornadas Ibéricas Filosofia das Ciências, Lógica e Linguagem, University of Sevilla Fev. 2009, where he delivered the talk: Philosophical Problems in Quantum Physics.

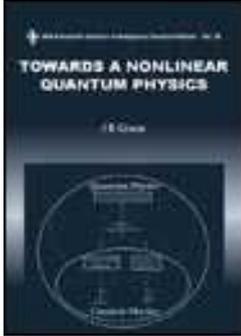
Interdisciplinary Workshop on Diagrammatology and Diagramatic Practice, University of Lisbon, Faculty of Sciences, Lisbon, March 2009, where he delivered the talk: Diagramatic Thinking in Physics.

Conference at the University of Tel Aviv,
Causality or indeterminism in quantum
physics? April 2009

Workshop metaforas e Modelos – entre a
Ciência e a Arte, Universidade de Lisboa,
faculdade de Ciências, Maio de 2009, where
he delivered the talk: An Example of Models
and Metaphors in the Making of Science or
interaction arte-science-philosophy.

8 PUBLICAÇÕES

Livros Publicados



JR Croca,
Towards a Nonlinear Quantum Physics,
World Scientific, London (2003).



JR Croca e RN Moreira
Diálogos sobre Física Quântica
Esfera do Caos, Lisboa (2007).

JR Croca e RN Moreira
Diálogos sobre Física Quântica
Capax Dei, São Paulo (2010).
Edição Brasileira

JR Croca and RN Moreira

Dialogues on Quantum Physics, English translation
by MM. Silva, to be published

JR Croca and J. E. F. Araújo, *A New Vision On Physis, Eurhythmy, Emergence and Nonlinearity*, Eds. Centro de Filosofia das Ciências da Universidade de Lisboa, Lisboa 2010.

Publicações em Revistas Nacionais e Internacionais com Referee

- 1987 JR Croca, *Neutron interferometry can prove (or refute) the existence of the Broglie's waves*, Found. Phys. 17(1987)971.
- 1987 JR Croca, *An experiment for detection of empty waves*, Phys. Lett. A 124(1987)22.
- 1988 *On a possible way to detect de Broglie's waves*, **J.R. CROCA**, A. Garuccio and F. Selleri, Found. Phys. Lett. 1(1988)101.
- 1989 JR Croca, *On the nature of the waves of Einstein de Broglie*, Ann. Found. L. de Broglie, 14(1989)323.
- 1990 JR Croca, *A possible experiment to test the nature of the spreading of the matter wave packets*, Physics Essays, 3(1990)71.
- 1990 *Quantum-optical predictions for an experiment on de Broglie waves detection*, em colaboração, **J.R. CROCA**, A. Garuccio, V. Lepori e R.N. Moreira, Found. Phys. Lett. 3(1990)557.
- 1990 JR Croca *Causalismo Versus Determinismo na Física Contemporânea*, Vértice, Setembro (1990)
- 1992 *Comment on Experimental Test of de Broglie Guided-Wave Theory for Photons*, em colaboração, **J.R. CROCA**, A. Garuccio, V. Lepori e R.N. Moreira, Phys. Rev. Lett. 25(1992)3813
- 1997 *Laboratory-Scale Test of de Broglie's Tired-Photon Model*, Apeiron, 4(1997)41
- 1997 *An Experiment to Teste the Reality of de Broglie Waves*, em colaboração, **J.R. CROCA**, M. Ferrero, A. Garuccio, V.L. Lepore, Found. Phys. Letters, 10/1997)441.

- 1999 JR Croca, *Counter Examples to the General Validity of Heisenberg Uncertainty Relations*, Hadronic Journal **22**, 29-39 (1999).
- 1999 JR Croca, *The Uncertainty Relations*, Apeiron, 6, Nr.3-4, 151-165 (1999).
- 1999 *Is the One-way Velocity of Light Measurable?* **J.R. CROCA** and F. Selleri, Nuovo Cimento, 114 B, 447-457 (1999).
- 1999 *Some Remarks Concerning Heisenberg's Indeterminacy Relations*, **J.R. CROCA** and F. Selleri, Comm. Math. Theor. Physics, vol. 2, pp.61-69(1999).
- 1999 *Indeterminism Versus Causalism*, **J.R. CROCA** and R.N. Moreira, Grazer Philosophische Studien, 56(1999)151.
- 2002 *Non-local interferometry: a causal explanation by means of local wavelet analysis*", **J.R. CROCA** with J. Marto, Foundations of Physics Letters, vol. 15, 2002
- 2002 *O que é um Facto em Ciência*, **J.R. CROCA** with R.N. Moreira, A Razão, 2002.
- 2004 JR Croca, *De Broglie Tired Light Model and the Reality of the Quantum Waves*, Foundations of Physics, Vol.34, No.12, (2004) 1929-1954
- 2007 JR Croca, *Local Analysis By Wavelets Versus Nonlocal Fourier Analysis*, International Journal of Quantum Information, Vol.5, Nos 1&2 (2007) 1-7
- 2008 J.R. Croca and R.N. Moreira, *O Mito Criacionista do Big Bang*, Razão Activa, pp 7-12, Lisboa, 2008

2009 JR Croca e al. *Some Experiments that Question the Completeness of Orthodox Quantum Mechanics*, Advanced Science Letters, 2009.

A Causal and Local Interpretation of Experimental Realization of Wheeler's Delayed-choice Gedanken Experiment, Apeiron, Vol. 16, 2009.

2010 J.R. Croca and A Garuccio, *Experimental determination of the size of the photonic basic mother wavelet A test for the general validity of orthodox mechanics against the nonlinear causal quantum physics*, accepted for publication Advanced Science Letters.

Publicações científicas em livros:

1988 JR Croca, *Can the existence of de Broglie's empty wave be proven experimentally?* in *Microphysical Reality and Quantum Formalism*, eds. A van der Merwe et al. (Kluwer Academic Publishers, 1988).

1988 JR Croca, *Some experiments to prove or disprove the existence of the matter waves of de Broglie*, in *Problems in Quantum Physics*, eds. L. Kostro et al. (World Scientific, 1988).

1989 JR Croca, *Some basic differences between the Copenhagen and de Broglie interpretation of quantum mechanics leading to practical experiments*, in *The*

- Concept of Probability, eds. E. Bitsakis and C. Nicolaides (Kluwer Academic Publishing, 1989).
- 1991 JR Croca, *Test on the Reality of de Broglie Waves with two Coherent Photons*, in *Quantum Measurements in Optics*, Ed. P. Tombesi, Plenum, (1991)
- 1994 JR Croca, *In Quest of the Broglie Waves, in Waves and Particles in Light and Matter*, Ed. Alwyn van der Merwe and A. Garuccio, Plenum, 1994.
- 1995 JR Croca, *On the Uncertainty Relations*, in *Problems in Quantum Physics*, Ed. Alwyn van der Merwe and M. Ferrero, Plenum, 1995.
- 1997 JR Croca, *Experiments to Teste the Reality of de Broglie Waves*, in *The Present Status of the Quantum Theory of Light*, eds. S. Jeffers et al. (Kluwer Academic Publishers, 1997).
- 1997 JR Croca, *Experiment on the Independence of C*, in *Open Questions in Relativistic Physics*, Ed. F. Selleri, Apeiron, 1997).
- 1998 *Recovery of an Interference Pattern Hidden by Noise*, **J.R. Croca**, R.N. Moreira and A.R. Silva, in, *Causality and Locality in Modern Physics and Astronomy*, Eds. S. Jeffers et al. (Kluwer Academic Publishers, 1998).
- 1998 *Non-Linear Schrödinger Equation, Burger's Equation and Superposition of Solutions*, A.R. Silva, J.S. Ramos, **J.R. Croca** and R.N. Moreira, J.R. Croca, in *Causality and Locality in Modern Physics and Astronomy*, eds. S. Jeffers et al. (Kluwer Academic Publishers, 1998)

- 2001 JR Croca, *Beyond Heisenberg's Uncertainty Limits*, eds. R.L. Amoroso, G. Hunter S. Jeffers (Kluwer Academic Publishers, 2001)
- 2001 JR Croca, *Beyond non-Causal Quantum Physics*, Chapter of the Book in *Contemporary Optics*, eds. Evans, John Wiley, New York 2001
- 2002 JR Croca, *Beyond Heisenberg's Uncertainty Limits*, in *Gravitation and Cosmology; From Hubble Radius to Planck Scale*, eds. R.L. Amoroso, G. Hunter, M. Kafatos, J-P. Vigiér, (Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 2002).
- 2002 JR Croca, *Can Non-Local Interferometry Experiments Reveal a Local Model of Matter*, with J. Marto, in *Gravitation and Cosmology; From Hubble Radius to Planck Scale*, eds. R.L. Amoroso, G. Hunter, M. Kafatos, J-P. Vigiér, (Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 2002)
- 2002 JR Croca, *Beyond non-Causal Quantum Physics*, Chapter of the Book *Modern Nonlinear Optics*, Part 2, Second Edition, Edited by Myron Evans. Series Editors I. Prigogine and Stuart Rice. Evans, (John Wiley & Sons, New York 2002)
- 2003 JR Croca, *A Realidade na Física Quântica*, proceedings of Colóquio A Mente a Religião e a Ciência, 2003.
- 2003 JR Croca, *O Espaço e o Tempo na Física Quântica*, Diálogos Disciplinares in *As Ciências e as Artes na Viragem do Milénio*, Eds. A. P. de Sousa and T. Malafaia, IST Press 2003.
- 2004 JR Croca, *A Razão na Física Quântica*, in *A Razão e o Espírito Científico*, Edições Duarte Reis, Lisboa 2004.

2009 JR Croca, *Quantum Physics, Separability and Non Separability*, in *Expressões da Analogia*, Ed. Maria Luísa couto Soares, Nuno Venturinha, Gil Costa Santos and Marta Faustino, Edições Colibri, Lisboa 2009.

2010 JR Croca, *Hyperphysics – the Unification of Physics*, in *A New Vision on Physis*, Eds. JR Croca and J. Araújo, Centro de Filosofia das Ciências da Universidade de Lisboa, Lisboa 2010.

JR Croca and MM Silva, *Some Fundamentals of Particle Physics in Light of Hyperphysics*, in *A New Vision on Physis*, Eds. JR Croca and J. Araújo, Centro de Filosofia das Ciências da Universidade de Lisboa, Lisboa 2010.

JR Croca and MM Silva, *The Concept of Time*, in *A New Vision on Physis*, Eds. JR Croca and J. Araújo, Centro de Filosofia das Ciências da Universidade de Lisboa, Lisboa 2010.

Publicações em actas de congressos:

1984 JR Croca, *Situações experimentais em que a mecânica quântica é posta em causa*, actas do Congresso de Física 84.

1985 JR Croca, *Algumas propostas de experiências de ondas vazias*, actas do Congresso de Física 86.

- 1986 *Determinação da distribuição interferencial numa experiência com três fontes onde se procura evidenciar a existência das ondas vazias*, em colaboração, R.N. Moreira e **J.R. Croca**, actas do Congresso de Física 86.
- 1987 *A new way to detect de Broglie waves by neutron interferometry*, with, **J.R. CROCA** and A. Garuccio, actas do Congresso internacional Matter Wave Interferometry, Viena, 1987.
- 1987 JR Croca, *Sobre a natureza das ondas de de Broglie*, actas do Congresso Nacional de Mecânica teórica e Aplicada, 1987.
- 1988 JR Croca, *É a função psi uma onda real ou de probabilidade*, actas do Congresso de Física 88.
- 1988 *Detecção das ondas de Einstein-de Broglie com duas fontes independentes*, em colaboração, R.N. Moreira e **J.R. CROCA**, actas do Congresso de Física 88.
- 1988 JR Croca, *Is the psi function a probability wave or a real wave*, actas do Congresso Internacional, Philosophical Foundations of Quantum Theory, New Delhi, 1988.
- 1990 JR Croca, *Sobre a Expansão Ilimitada dos Trens de Ondas Materiais*, actas da VII Conferência Nacional de Física, Física 90.
- 1990 *Relações de Dispersão para a Sobreposição de Impulsos Monocromáticos Limitados*, em colaboração, **J.R. CROCA**, A. Rica da Silva, actas da VII Conferência Nacional de Física, Física 90.
- 1990 *Previsões, de acordo com a electrodinâmica quântica, dos resultados de uma experiência de interferência de dois fótons com colapso da função de onda numa das vias*, em colaboração com R.N. Moreira,

J.R. CROCA, actas da VII Conferência Nacional de Física, Física 90.

1994

JR Croca, *O Espaço e o Tempo na Física Quântica*, Actas, Diálogos Disciplinares - As Artes e as Ciências em Fim de Milénio, Fundação Calouste Gulbenkian, Maio 1994.

Trabalhos realizados, preprints ou para publicar:

- *Empty wave detection with X rays from a parametric down conversion*, em colaboração **J.R. CROCA**, F. Selleri, preprint Departamentos de Física das Universidades de Lisboa e Bari.
- *Some remarks on detection of neutron empty waves*, em colaboração, **J.R. CROCA**, F. Selleri, preprint Departamentos de Física das Universidades de Lisboa e Bari.
- *Coherence Time of a Particle and the Mean Life of a State*, em colaboração **J.R. CROCA**, P.A. Amorim.
- *Uncertainty Relations for the Superposition of Monochromatic Finite Pulses*, em conjunto **J.R. CROCA**, A. Rica da Silva.
- *On the Conditions on which a Sum of Solutions of a Non Linear Equation is Still a Solution*, em conjunto **J.R. CROCA**, J.A. Rica da Silva e J.S. Ramos.
- *On the Solution of the Non-Linear Schrödinger Equation*, em conjunto, J.A. Rica da Silva e J.S. Ramos **J.R. CROCA**,

- *A One-Way Test of the Independence of c from the Velocity of the Emitting Source*, em conjunto, **J.R. CROCA**, A. Rica da Silva.
- *Experimental Violation of Heisenberg's Uncertainty Relations by The Scanning Apertureless Optical Microscope*, em conjunto, **J.R. CROCA**, A. Rica da Silva e J.S. Ramos.
- *Quantum mechanics and action at a distance*, **J.R. Croca**, and R.N. Moreira, to be published.
- *Non-local interferometry a causal explanation by means of local wavelet analysis*, J. Marto, **J,R. Croca** and A. Garuccio, to be published.
- JR Croca, Experimental Proposal for Determination of One-Way Velocity of Light with One Single Clock, to be published.

Publicações e trabalhos de divulgação científica:

- | | |
|------|--|
| 1987 | Revisor científico e autor do Prefácio da tradução do livro de F. Selleri, <i>Paradoxos e Realidade, ensaios sobre os fundamentos da mecânica quântica</i> , editado pela Editorial Fragmentos, Lisboa (1987). |
| 1990 | <i>Causalismo Versus Determinismo na Física Contemporânea</i> , Vértice, Setembro (1990) |
| 2005 | Tradução em conjunto com RN Moreira do livro de F. Selleri, <i>Relatividade</i> |
| 2007 | JR Croca e RN Moreira, <i>Diálogos sobre Física Quântica, Esfera do Caos</i> , Lisboa (2007) |

Trabalhos em curso

The Tunneling Effect and some Implications

9 FUNÇÕES DE CONSULTORIA

O autor é referee de várias revistas científicas internacionais da sua especialidade:

Foundations of Physics.

Foundations of Physics Letters.

Physics Essays.

Apeiron.

Imperial College Press, London.

Journal of Low temperature Physics.

10 ACTIVIDADES DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA, SEMINÁRIOS PALESTRAS OU OUTRAS

Proferiu diversas palestras e seminários de divulgação científica, nomeadamente:

- | | |
|------|--|
| 1973 | Seminário no Departamento de Física sobre o tema: <i>Incerteza e Indeterminação</i> . |
| 1979 | Dois seminários no Departamento de Física em 21e 27 de Novembro de 1979 sobre <i>Os Fundamentos da Mecânica Quântica</i> . |

- 1984 Palestra *Sobre os Princípios da Mecânica Quântica*, dedicado aos Professores da Escola Alfredo da Silva, no Barreiro.
- 1985 Seminário no Departamento de Física sobre o tema: *Interpretação Causal do Efeito de Túnel*, Novembro de 1985.
- 1987 Uma série de quatro seminários no Departamento de Física da Universidade de Bari (Itália) sobre o tema: *Physical Properties of de Broglie's Waves*, Março de 1987.
- 1987 Seminário no Departamento de Física da Universidade de Catania (Itália) sobre o tema: *De Broglie Waves*, Maio de 1987.
- 1989 Seminário no Departamento de Física da FCUL sobre o tema: *É a Função Psi uma Onda Real ou de Probabilidade?* Fevereiro de 1989.
- 1990 Palestra na Faculdade de Letras de Lisboa sobre o tema: *A Filosofia Natural no Nosso Século*, dedicado aos alunos de Mestrado em Literatura Inglesa em Janeiro de 1990
- 1993 Palestra com o título *O Espaço e o Tempo na Mecânica Quântica*. Dedicada aos alunos do Liceu Passos Manuel.
- 1994 Palestra com o título *O Espaço e o Tempo na Mecânica Quântica*. dedicada aos alunos de Estágio Pedagógico na Madeira.
- 1995 Palestra com o título *O Espaço e o Tempo na Física Quântica*. dedicada aos alunos da Escola Secundária da Moita.

- 1996 Seminário no Departamento de Física da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa sobre o tema: *O Espaço e o Tempo na Física Quântica*.
- 1995 Seminário no Departamento de Física da Universidade de Évora sobre o tema: *O Espaço e o Tempo na Física Quântica*
- 1991 Entrevista Radiofónica com o Dr. Jorge Valadares, para a Universidade Aberta. Audiograma integrado no Curso de Didáctica da Física e da Química, sobre: *A Problemática da Física Quântica Contemporânea*, Março de 1991.
- 2001 Palestra sobre Problemas de Física Quântica, Livraria do Eterno Retorno, 8 de Março de 2001.
- 2004 Palestra na FCUL sobre os fundamentos da Física Quântica, integrada no Curso de Mestrado em Filosofia da Ciência, Abril de 2005
- 2005 *O Espaço e o Tempo na Física*, Quântica, Simpósium em Estremoz, Fevereiro de 2005.
- Workshop, Incerteza e Indeterminismo, Museu de Ciência, Março de 2005

Organização de conferências

Organização do Simpósium Interdisciplinar A Razão e o Espírito Científico, Universidade de Lisboa, 15 de Novembro de 2002.

11 OUTRAS FUNÇÕES

1988/90	Membro do Conselho Pedagógico da FCUL
1993/95	Vice-Presidente do Departamento de Física
1997/99	Bibliotecário do Departamento de Física
2002/	Membro do Conselho Científico da Cátedra A Razão
2004/	Membro do Conselho Científico do Observatório Astronómico de Lisboa

Outras actividades:

Para além das actividades de investigação e docência no domínio da Física dedica-se ainda activamente às

Artes plásticas:

- Escultura (em diversos materiais, madeira, barro gesso, pedra, etc.)
- Pintura
- Arquitectura

e ainda à história da arte, da ciência e tecnologia.