CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS, EXATAS E DA TERRA E SEU ALTO GRAU DE APLICABILIDADE

FELIPE ANTONIO MACHADO FAGUNDES GONÇALVES
(ORGANIZADOR)

Atena
Editora
Ano 2020

CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS, EXATAS E DA TERRA E SEU ALTO GRAU DE APLICABILIDADE

FELIPE ANTONIO MACHADO FAGUNDES GONÇALVES
(ORGANIZADOR)

Atena
Editora
Ano 2020

2020 *by Atena Editora*
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2020 Os autores
Copyright da Edição © 2020 Atena Editora
Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Diagramação: Geraldo Alves
Edição de Arte: Lorena Prestes
Revisão: Os Autores

Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Conselho Editorial
Ciências Humanas e Sociais Aplicadas
Profª Drª Adriana Demite Stephani – Universidade Federal do Tocantins
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Alexandre Jose Schumacher – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
Profª Drª Angeli Rose do Nascimento – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Gasparetto Júnior – Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Carlos Antonio de Souza Moraes – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Profª Drª Denise Rocha – Universidade Federal do Ceará
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Edvaldo Antunes de Farias – Universidade Estácio de Sá
Prof. Dr. Eloi Martins Senhora – Universidade Federal de Roraima
Prof. Dr. Fabiano Tadeu Grazioli – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Keyla Christina Almeida Portela – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Pereira da Silva – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Miranilde Oliveira Neves – Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Rita de Cássia da Silva Oliveira – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Sandra Regina Gardacho Pietrobon – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Profª Drª Sheila Marta Carregosa Rocha – Universidade do Estado da Bahia
Prof. Dr. Rui Maia Diamantino – Universidade Salvador
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. William Cleber Domingues Silva – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná

Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde
Prof. Dr. André Ribeiro da Silva – Universidade de Brasília
Profª Drª Anelise Levay Murari – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Edson da Silva – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Profª Drª Eleuza Rodrigues Machado – Faculdade Anhanguera de Brasília
Profª Drª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Ferlando Lima Santos – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Fernando José Guedes da Silva Júnior – Universidade Federal do Piauí
Profª Drª Gabriela Vieira do Amaral – Universidade de Vassouras
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Profª Drª Iara Lúcia Tescarollo – Universidade São Francisco
Prof. Dr. Igor Luiz Vieira de Lima Santos – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Magnólia de Araújo Campos – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Mylena Andréa Oliveira Torres – Universidade Ceuma
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federacl do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Paulo Inada – Universidade Estadual de Maringá
Profª Drª Renata Mendes de Freitas – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias
Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Alexandre Leite dos Santos Silva – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conselho Técnico Científico
Prof. Me. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Me. Adalberto Zorzo – Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Me. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão

Profª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Profª Drª Andrezza Miguel da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Antonio Hot Pereira de Faria – Polícia Militar de Minas Gerais
Profª Ma. Bianca Camargo Martins – UniCesumar
Profª Ma. Carolina Shimomura Nanya – Universidade Federal de São Carlos
Prof. Me. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Ma. Claúdia de Araújo Marques – Faculdade de Música do Espírito Santo
Prof. Me. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Profª Ma. Dayane de Melo Barros – Universidade Federal de Pernambuco
Prof. Me. Douglas Santos Mezacas -Universidade Estadual de Goiás
Prof. Dr. Edwaldo Costa – Marinha do Brasil
Prof. Me. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita
Profª Ma. Fabiana Coelho Couto Rocha Corrêa – Centro Universitário Estácio Juiz de Fora
Prof. Me. Felipe da Costa Negrão – Universidade Federal do Amazonas
Profª Drª Germana Ponce de Leon Ramírez – Centro Universitário Adventista de São Paulo
Prof. Me. Gevair Campos – Instituto Mineiro de Agropecuária
Prof. Me. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Profª Ma. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Me. Javier Antonio Albornoz – University of Miami and Miami Dade College
Profª Ma. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Me. José Luiz Leonardo de Araujo Pimenta – Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay
Prof. Me. José Messias Ribeiro Júnior – Instituto Federal de Educação Tecnológica de Pernambuco
Profª Ma. Juliana Thaisa Rodrigues Pacheco – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Me. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Ma. Lilian Coelho de Freitas – Instituto Federal do Pará
Profª Ma. Liliani Aparecida Sereno Fontes de Medeiros – Consórcio CEDERJ
Profª Drª Lívia do Carmo Silva – Universidade Federal de Goiás
Prof. Me. Luis Henrique Almeida Castro – Universidade Federal da Grande Dourados
Prof. Dr. Luan Vinicius Bernardelli – Universidade Estadual de Maringá
Profª Ma. Marileila Marques Toledo – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Prof. Me. Rafael Henrique Silva – Hospital Universitário da Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Ma. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Profª Ma. Solange Aparecida de Souza Monteiro – Instituto Federal de São Paulo
Prof. Me. Tallys Newton Fernandes de Matos – Faculdade Regional Jaguaribana
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

C569 Ciências tecnológicas, exatas e da terra e seu alto grau de aplicabilidade [recurso eletrônico] / Organizador Felipe Antonio Machado Fagundes Gonçalves. – Ponta Grossa, PR: Atena, 2020.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-65-86002-63-8
DOI 10.22533/at.ed.638202403

1. Ciências agrárias. 2. Ciências exatas. 3. Tecnologia. I.Gonçalves, Felipe Antonio Machado Fagundes.

CDD 500

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br

Atena Editora
Ano 2020

APRESENTAÇÃO

Atualmente, notamos grande necessidade do desenvolvimento das ciências, bem como o aprimoramento dos conhecimentos já adquiridos pela sociedade. Sabe-se também que as ciências tecnológicas, exatas e da terra cumprem um papel importantíssimo na construção de saberes ligados a humanidade. Tais saberes só se tornam possíveis por meio de autores responsáveis por desenvolver pesquisas científicas nas mais diversas áreas do conhecimento.

Permeados de tecnologia este e-book contempla estudos na área da ciência tecnológicas, exatas e da terra, mostrando a aplicabilidade destas ciências em variados temas cotidianos. Temas ligados a Medicina, saúde, agricultura e ensino, são abordados nos capítulos desta obra, entre outros temas relacionados à produção científico-metodológica nas ciências.

Para o leitor, esta obra intitulada "Ciências tecnológicas, exatas e da terra e seu alto grau de aplicabilidade" tem muito a contribuir com estas áreas, já que cada capítulo aponta para o desenvolvimento, e aprimoramento de pesquisas científicas envolvendo temas diversos, mostrando-se não somente uma base teórica, mas também a aplicação prática de vários estudos.

Boa leitura!

Felipe Antonio Machado Fagundes Gonçalves

SUMÁRIO

CAPÍTULO 28

ESTABILIZAÇÃO DE UMA EQUAÇÃO COM OPERADOR Δ^{2P} COM TERMO NÃO LINEAR

Data de aceite: 17/03/2020

Ricardo Eleodoro Fuentes Apolaya

RESUMO: Nosso objetivo principal é estudar o problema de controlabilidade exata do sistema seguinte

$$(*)\quad \begin{cases} Lw + w^3 = 0, & \text{em } Q = \Omega \times [0, T] \\ \dfrac{\partial^j w}{\partial \nu^j} = 0, & \text{em } \Sigma = \partial\Omega \times [0, T], \text{ para } j = 0,1,\ldots,2(p-1) \\ w(0) = w_0, \quad w'(0) = w_1 & \text{em } \Omega \end{cases}$$

onde

$$Lw = w'' + \Delta^{2p} w + \sum_{1,j=1}^{n} \frac{\partial}{\partial x_i}\left(a_{ij}(y,t) \frac{\partial w}{\partial x_j} \right) + \sum_{i=1}^{n} b_i(y,t) \frac{\partial w'}{\partial xi} + \sum_{i=1}^{n} d_i(y,t) \frac{\partial w}{\partial xi}$$

Palavras chaves: Equação de placas não linear, solução ultrafraca, controlabilidade exata, ponto fix.

STABILIZATION FOR AN EQUATION WITH OPERATOR Δ^{2p} WITH NON LINEAR TERM

ABSTRACT: Our main ojjective is to study the exact controllability of

$$(*)\quad \begin{cases} Lw + w^3 = 0, & \text{em } Q = \Omega \times [0, T] \\ \dfrac{\partial^j w}{\partial \nu^j} = 0, & \text{em } \Sigma = \partial\Omega \times [0, T], \text{ para } j = 0,1,\ldots,2(p-1) \\ w(0) = w_0, \quad w'(0) = w_1 & \text{em } \Omega \end{cases}$$

Where

$$Lw = w'' + \Delta^{2p} w + \sum_{1,j=1}^{n} \frac{\partial}{\partial x_i}\left(a_{ij}(y,t) \frac{\partial w}{\partial x_j} \right) + \sum_{i=1}^{n} b_i(y,t) \frac{\partial w'}{\partial xi} + \sum_{i=1}^{n} d_i(y,t) \frac{\partial w}{\partial xi}$$

KEYWORDS: Nonlinear plate equation, ultraweak solution, exact controllability, fix point.

1 I INTRODUCTION

Let Ω be a bounded domain of R^n with regular boundary of type C^{4p}, where

$p \geq 1$so that the origin of R^n .

Let us consider K: $[0, +\infty[$ ® R^{n^2}

The function such that for each t associate na orthogonal matrix

$$K(t) : R^n \text{ ® } R^n$$

We suppose K(t) twice continuously diferentiable for each t.

Define the subsets of R^n , as follows

$$\Omega_t = \{x \in R^n, x = K(t)\, y, y \in \Omega\}$$

With boundary denoted by Γ_t.

We denote by $\check{Q}$ the noncylindrical domain a set of R^{n+1} defined by

$\check{Q} = \bigcup_{0<t<T} \Omega_t \times \{t\}$ with lateral boundary $\Sigma_t = \bigcup_{0<t<T} \Gamma_t \times \{t\}$

2 I NON LINEAR PROBLEM

Consider the non homogeneous problem

$$
\begin{cases}
u''(t) + \Delta^{2p} u(t) + u(t)^3 = 0, & \text{in } \hat{Q} = \Omega_t \times [0, T] \\
\dfrac{\partial^j w}{\partial \nu^j} = \mathbf{0}, & \text{on } \hat{\Sigma} = \partial\Omega_t \times [0, T], \text{ for } j = 0,1,\dots,2(p-1) \\
\dfrac{\partial^{2p-1} w}{\partial \nu^{2p-1}} = \mathbf{v}, & \text{on } \hat{\Sigma} \\
w(0) = w_0, \quad w'(0) = w_1 & \text{in } \Omega_0
\end{cases} \tag{2.1}
$$

Our objective is to solve the problem of exact controllability at the boundary of problem, that is, given $T_0 > 0$ for each pair of initial data $\{u_0, u_1\}$ of problem before in a convenient space on Ω_0 we will a function v in a certain space of controls on $\check{\Sigma}$ so that the corresponding solution u of problem satisfies the final condition

$$u(x, T_0) = u'(x, T_0) = 0, \text{ in } \Omega_{T_0}$$

Therefore, to solve the problem of exact controllability of the problem (*) will, through the transformation, solve the problem of exact controllability of problema (2.1). We will initially approach the study of exact controllability on the boundary of the problem

$$
\begin{cases}
Lw + w^3 = 0, & \text{in } Q = \Omega \times [0, T] \\
\dfrac{\partial^j w}{\partial \nu^j} = \mathbf{0}, & \text{on } \Sigma = \partial\Omega \times [0, T], \text{ for } j = 0,1,\dots,2(p-1) \\
\dfrac{\partial^{2p-1} w}{\partial \nu^{2p-1}} = \mathbf{g}, & \textbf{on } \boldsymbol{\Sigma} \\
w(0) = w_0, \quad w'(0) = w_1 & \text{in } \Omega
\end{cases} \tag{2.2}
$$

2.1 Equivalent Problem

Let the cylindrical problem follows:

$$
\boxed{
\begin{array}{l}
Lw + w^3 = 0, \quad \text{in } Q = \Omega \times [0, T] \\
w = 0, \quad \dfrac{\partial^j w}{\partial \nu^j} = \mathbf{0}, \quad \text{on } \Sigma = \partial\Omega \times [0, T], \text{ for } j = 1,\dots,2(p-1) \\
\dfrac{\partial^{2p-1} w}{\partial \nu^{2p-1}} = \mathbf{g}, \quad \textbf{on } \boldsymbol{\Sigma} \\
w(0) = w_0, \quad w'(0) = w_1 \quad \text{in } \Omega
\end{array}
}
\tag{2.3}
$$

$$
Lw = w'' + \Delta^{2p} w + \sum_{i,j=1}^{n} \frac{\partial}{\partial x_i}\left(a_j (y,t) \frac{\partial w}{\partial x_j} \right) + \sum_{i=1}^{n} b_i (y,t) \frac{\partial w'}{\partial x_i} + \sum_{i=1}^{n} d_i (y,t) \frac{\partial w}{\partial x_i}
$$

Let L* be the formal adjoint operator of L, defined by

$$
L^*z = z'' + \Delta^{2p} z + \sum_{i,j=1}^{n} \frac{\partial}{\partial x_i}\left(a_j (y,t) \frac{\partial z}{\partial x_j} \right) + \sum_{i=1}^{n} b_i (y,t) \frac{\partial z'}{\partial x_i} + c(y,t)\, z' + \sum_{i=1}^{n} d_i (y,t) \frac{\partial z}{\partial x_i} + f(y,t)\, z
$$

We consider the operator

$$
Rz = z'' + \Delta^{2p} z + \sum_{i,j=1}^{n} \frac{\partial}{\partial x_i}\left(a_j (y,t) \frac{\partial z}{\partial x_j} \right) + \sum_{i=1}^{n} b_i (y,t) \frac{\partial z'}{\partial x_i} + c(y,t)\, z' + \sum_{i=1}^{n} d_i (y,t) \frac{\partial z}{\partial x_i} + f(y,t)\, z
$$

where the operator coefficients verify

$a_j \in C^1(\overline{Q})$ such that $a_j = a_j$ and $a_j \in L^\infty(Q)$, i,j = 1, 2,..., n..
b_i, c, d_i, f $\in W^{1,\infty}(0,T, L^\infty(\Omega))$, $\dfrac{\partial b_i}{\partial y_i} \in L^\infty(Q)$.
we want to determine a solution to the following problem

$$
\boxed{
\begin{array}{l}
Rz + z^3 = 0, \quad \text{in } Q = \Omega \times [0, T] \\
\dfrac{\partial^j z}{\partial \nu^j} = \mathbf{0}, \quad \text{on } \Sigma = \partial\Omega \times [0, T], \text{ for } j = 0,1,\dots,2p-1 \\
z(0) = z^0, \quad z'(0) = z^1 \quad \text{in } \Omega
\end{array}
}
\tag{2.3}
$$

Theorem 2.1 (Strong Solution) If $\{ z^0, z^1, h \} \in H_0^{2p}(\Omega) \cap H^{4p}(\Omega) \cap L^4(\Omega) \times H_0^{2p}(\Omega) \times W^{1,1}(0,T, L^2(\Omega))$ then exist a unique strong solution z = z(y, t) of the non linear problem in the class

$z \in C([0,T], H_0^{2p}(\Omega) \cap H^{4p}(\Omega) \cap L^4(\Omega)) \cap C^1([0,T], H_0^{2p}(\Omega))$

and satisfies

$Rz + z^3 = h$ a. e. in Q

Proof: Galerkim method and two estimates are used.

Theorem 2.2 (Weak Solution)1 If $\{ z^0, z^1, h \} \in H_0^{2p}(\Omega) \cap L^4(\Omega) \times L^2(\Omega) \times L^1(0,T, L^2(\Omega))$ then exist a unique weak solution $z = z(y, t)$ of the non linear problem

1.- The weak solution check the following equality

$$- \int_T^0 (z'(t),v)\varphi' dt + \int_T^0 (\Delta^{2p} z(t),\Delta^{2p} v)\varphi dt + \int_T^0 (a_{ij} \frac{\partial z}{\partial y_j} . \frac{\partial v}{\partial y_j}, v)\varphi dt - \int_T^0 (b_i z(t), \frac{\partial v}{\partial y_i})\varphi dt +$$

$$\int_T^0 (c(y,t) z'(t), v)\varphi dt + \int_T^0 (d_i \frac{\partial z}{\partial y_i}, v)\varphi dt + \int_T^0 (f(y,t) z(t), v)\varphi dt + \int_T^0 (z^3(t), v)\varphi dt =$$

$$\int_T^0 (h(t),v)\varphi dt \text{ , for all } v \in H_0^{2p}(\Omega),\ \varphi \in D(\Omega).$$

2.- Exist a unique weak solution $z = z(y; t)$ such that

$z \in C([0,T], H_0^{2p}(\Omega) \cap L^4(\Omega)) \cap C^1([0,T], L^2(\Omega))$

3.- The linear application:

$$\{z^0, z^1, h\} \rightarrow z$$

is continuous in their topologies.

4.- The weak solution satisfies

$$E(t) = E(0) - \int_0^t (\frac{\partial}{\partial y_i} [a_j \frac{\partial z(s)}{\partial y_j}], z'(s))\, ds + \frac{1}{2} \int_0^t (\frac{\partial b_i}{\partial y_i} z'(s), z'(s))\, ds - \int_0^t (P(s), z'(s))\, ds +$$

$$\int_0^t (h(s), z'(s)) ds$$

Where $Pz = c(y, t) z'(t) + d_i (y, t) \frac{\partial z}{\partial y_i} + f(y, t)z$

And $E(t) = \frac{1}{2}(| z'(t)|^2 + |\Delta^p z(t)|^2) + \frac{1}{4} |z(t)|^4$

Remark 2.1. For the results of existence, uniqueness and regularity the method of galerkim is used.

3 I LINEAR PROBLEM

We want to determine a solution to the following problem

$$\begin{cases} Rz = h, & \text{in } Q = \Omega \times [0, T] \\ \dfrac{\partial^j z}{\partial \nu^j} = \mathbf{0}, & \text{on } \Sigma = \partial\Omega \times [0, T], \text{ for } j = 0,1,\dots,2p-1 \\ z(0) = z^0, \quad z'(0) = z^1 & \text{in } \Omega \end{cases} \tag{3.1}$$

Theorem 3.1 (Strong Solution)) If { z^0, z^1, h } Є $H_0^{2p}(\Omega) \cap H^{4p}(\Omega)$ x $H_0^{2p}(\Omega)$ x $W^{1,1}(0,T, L^2(\Omega))$ then exist a unique strong solution z = z(y, t) of the linear problem in the class

z Є $C([0,T], H_0^{2p}(\Omega) \cap H^{4p}(\Omega)) \cap C^1([0,T], H_0^{2p}(\Omega))$

and satisfies

Rz = h a. e. in Q

Proof: Galerkim method and two estimates are used.

Theorem 3.2 (Weak Solution) If { z^0, z^1, h } Є $H_0^{2p}(\Omega)$ x $L^2(\Omega)$ x $L^1(0,T, L^2(\Omega))$

then exist a unique weak solution z = z(y, t) of the linear problem

1.- The weak solution check the following equality

$$- \int_0^T (z'(t),v)\varphi' dt + \int_0^T (\Delta^{2p} z(t),\Delta^{2p} v)\varphi dt + \int_0^T (a_{ij}\frac{\partial z}{\partial y_j}.\frac{\partial v}{\partial y_j},v)\varphi dt - \int_0^T (b_i z(t),\frac{\partial v}{\partial y_i})\varphi dt +$$
$$\int_0^T (c(y,t)z'(t),v)\varphi dt + \int_0^T (d_i \frac{\partial z}{\partial y_i},v)\varphi dt + \int_0^T (f(y,t)z(t),v)\varphi dt = \int_T^0 (h(t),v)\varphi dt ,$$

for all v є $H_0^{2p}(\Omega)$, j ЄD(Ω).

2.- Exist a unique weak solution z = z(y; t) such that

z Є $C([0,T], H_0^{2p}(\Omega)) \cap C^1([0,T], L^2(\Omega))$

3.- The linear application:

$$\{z^0, z^1, h\} \rightarrow z$$

is continuous in their topologies.

4.- The weak solution satisfies

$$E(t) = E(0) - \int_0^t \left(\frac{\partial}{\partial y_i}\left[a_{ij}\frac{\partial z(s)}{\partial y_j}\right], z'(s)\right)ds + \frac{1}{2}\int_0^t \left(\frac{\partial b_i}{\partial y_i} z'(s), z'(s)\right)ds - \int_0^t (Pz(s), z'(s))ds + \int_0^t (h(s), z'(s))ds$$

Where $Pz = c(y, t)\, z'(t) + d_i\,(y, t)\, \frac{\partial z}{\partial y_i} + f(y, t)z$

And $E(t) = \frac{1}{2}\left(|z'(t)|^2 + |\Delta^p z(t)|^2\right)$

Theorem 3.3 (Direct Inequality). If z = z(y, t) is the weak solution of (3.1) and h = 0, then

$$\int_\Sigma |\Delta^p z|^2 \, d\Sigma \le CE(0)$$

If $x_0 \in R^n$, we denoted by

$m(x) = x - x_0 = (x_l - x_l^0) = (m_l)$, $l = 1, 2, ..., n$, $R(x_0) = \mathrm{Max}\, \| m(x) \|$, $x \in \overline{\Omega}$

and

$$\Gamma(x_0) = \{x \in \Gamma,\ m(x).\, n(x) > 0\}$$

where n (x) unit normal vector to Γ, directed towards the exterior of Ω.

We shall sets

$\Gamma^*(x_0) = \Gamma - \Gamma(x_0)$, $\Sigma(x_0) = (0, T) \times \Gamma(x_0)$, $\Sigma^*(x_0) = \Sigma - \Sigma(x_0)$

Theorem 3.4 (Inverse Inequality). If z = z(y, t) is the weak solution of (3,1) with h = 0, exist $T_0 > 0$ such that

$$\int_{\Sigma(x_0)} |\Delta^p z|^2 \, d\Sigma \ge C(T - T_0)E(0)$$

Now we are interested in studying the solutions of the inhomogeneous problem in the frontier of the type

$$\boxed{\begin{array}{l} Lz = 0, \quad \text{in } Q = \Omega \times [0, T] \\ z = 0, \quad \dfrac{\partial^j z}{\partial \nu^j} = \mathbf{0}, \quad \text{on } \Sigma = \partial\Omega \times [0, T], \text{ for } j = 1, ..., 2(p-1) \\ \dfrac{\partial^{2p-1} z}{\partial \nu^{2p-1}} = \mathbf{g}, \quad \textbf{on } \mathbf{\Sigma} \\ z(0) = z_0, \quad z'(0) = z_1 \quad \text{in } \Omega \end{array}} \quad (3.2)$$

Theorem 3.5 (Ultraweak Solution) If $\{ z^0, z^1, g \} \in L^2(\Omega) \times H^{-2p}(\Omega) \times L^2(\Sigma)$ then exist a unique ultraweak solution z = z(y, t) of the linear problem such that $z \in C([0, T, L^2(\Omega)) \cap C^1([0,T], H^{-2p}(\Omega))$

Moreover

$$\| z\|_{C(0,T,L^2(\Omega))} + \| z' \|_{C([0,T] H^{-2p}(\Omega))} \leq C \{\| z_0\|_{L^2(\Omega)} + \| z_1\|_{H^{-2p}(\Omega)} + \| g \|_{L^2(\Omega)}\}$$

Theorem 3.6 (Regularity) If $\{ z^0, z^1, g \} \in H_0^{2p}(\Omega) \times L^2(\Omega) \times H_0^2(0, T, L^2(\Gamma))$, then there is a single weak solution w such that $z \in C([0, T], H^{2p}(\Omega)) \cap C^1([0,T], L^2(\Omega))$

which is also an ultraweak solution.

4 I METHOD THE FIX POINT

Let v is weak solution of

$$\begin{cases} Lv = - \varphi^3, & \text{in } Q = \Omega \times [0, T] \\ v = 0, \quad \dfrac{\partial^j v}{\partial \nu^j} = \mathbf{0}, & \text{on } \Sigma = \partial\Omega \times [0, T], \text{ for } j = 1,\dots,2(p-1) \\ \dfrac{\partial^{2p-1} v}{\partial \nu^{2p-1}} = \mathbf{g}, & \textbf{on } \mathbf{\Sigma} \\ v(0) = 0, \quad v'(0) = 0_1 & \text{in } \Omega \end{cases} \tag{4.1}$$

Let w ultraweak solution of

$$\begin{cases} Lw = 0, & \text{in } Q = \Omega \times [0, T] \\ w = 0, \quad \dfrac{\partial^j w}{\partial \nu^j} = \mathbf{0}, & \text{on } \Sigma = \partial\Omega \times [0, T], \text{ for } j = 1,\dots,2(p-1) \\ \dfrac{\partial^{2p-1} w}{\partial \nu^{2p-1}} = \mathbf{g}, & \textbf{on } \mathbf{\Sigma} \\ w(0) = y_0, \quad w'(0) = y_1 & \text{in } \Omega \\ w(T) = - v(T), \quad w'(T) = - v'(T), & \text{in } \Omega \end{cases} \tag{4.2}$$

We observe that y = v + w is solution of the

$$
(4.3)\quad
\begin{cases}
Ly = -\varphi^3, & \text{in } Q = \Omega \times [0, T] \\
y = 0, \quad \dfrac{\partial^j y}{\partial \nu^j} = 0, & \text{on } \Sigma = \partial\Omega \times [0, T], \text{ for } j = 1,\dots,2(p-1) \\
\dfrac{\partial^{2p-1} y}{\partial \nu^{2p-1}} = g, & \text{on } \Sigma \\
y(0) = y_0, \quad y'(0) = y_1 & \text{in } \Omega
\end{cases}
$$

Checking the stability condition $y(T) = y'(T) = 0$ in Ω.
Denote by

$W = \{ w \in C([0, T], H^{2p}(\Omega)),\ w' \in C([0, T], L^2(\Omega)),\ w = 0, \text{ on } \Gamma^*(x_0) \}$
With norm

$\| w \|_W = \{ \| w \|^2_{C(0,T,H^{2p}(\,))} + \| w' \|^2_{C([0,T],L^2(\,))} \}^{1/2}$
We have define the application in $B_e \, W$ such that

$$: B_e ® B_e$$

$$(f) = v + w$$

Is a contraction.

We observe, in (4.1) result that

$$E(t) \leq K\int_0^T \phi(t)^3 \ v'(t)\, dt$$

By condition, $\phi = 0$, in $\Gamma^*(x_0)$ we have

$$E(t) \leq K\int_0^T |\nabla\phi(t)|^3 \ |v'(t)|\, dt \leq CT \|\phi\|^3_W \ \|v\|_W$$

If $\|\phi\|_W < \varepsilon$, then $\|v\|^2_W \leq 2\,C\,T\,\varepsilon^2 \|\phi\|_W \ \|v\|_W$

Therefore

$\|v\|_W \leq 2\,C\,T\,\varepsilon^2 \|\phi\|_W$

We chose the appropriate e so that $_e$ is contraction

$$2\,CT\,\varepsilon^2 < \frac{1}{4} \quad \Leftrightarrow \quad \varepsilon^2 < \frac{1}{8CT}$$

By similar form, $\|w\|_W < \dfrac{1}{4} \|\phi\|_W$.

REFERENCES

[1] cavalcante m. m. - Controlabilidade Exata da Equação da Onda com condição de Fronteira tipo Neumann, IM-UFRJ, Rio de Janeiro, RJ. Brasil, 1995.

[2] filho j.p. - Estabilidade do sistema de Timoshenko, IM-UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 1995.

[3] fabre c. and puel j. - Comportement au voisinage du bord des Solutions de l´equations des ondes. C.R. Acad. Sci. Paris, 310 s_erie I, pp. 621-6254, 1990.

[4] medeiros l. a. and fuentes r. Exact controllability for a model of the one dimensional elastidty , 36 Seminário Brasileiro de Análise, SBA, 1992.

[5] medeiros l. a. and milla m. Introdução aos espaços de Sobolev e às equações diferenciais parciais, IM-UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 1989.

[6] milla m. and medeiros l. a. Exact controllability for Schrodinger equations in non cylindrical domains , 41 Seminário Brasileiro de Análise, RJ, Brasil, 1995.

[7] puel j. Contrôlabilité Exacte et comportement au voisinage du bord des Solutions de equations de ondes , IM-UFRJ, Rio de Janeiro, 1991.

[8] gamboa p. . Controle exato para a equação Euler-Bernoulli num domínio não cilíndrico , IM-UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 1995.

[9] lions j. l. and magenes e. Problèmes aux Limites non homogénes et Applications , Vol. 1, Dunod, 1968.

[10] lions, j. l. - Quelques méthodes de résolution des problémes aux limites non linéares., Dunod-Gauthier Villars, Paris, First edition, 1969.

[11] soriano j. Controlabilidade Exata de Equação de Onda com Coefcientes Variáveis, IM-UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 1993.

[12] zuazua e. Lectures Notes on Exact control and stabilization, Instituto de Matemática, UFRJ, Rio de Janeiro,R.J.

SOBRE O ORGANIZADOR

Felipe Antonio Machado Fagundes Gonçalves - Mestre em Ensino de Ciência e Tecnologia pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) em 2018. Licenciado em Matemática pela Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG), em 2015 e especialista em Metodologia para o Ensino de Matemática pela Faculdade Educacional da Lapa (FAEL) em 2018. Atua como professor no Ensino Básico e Superior. Trabalha com temáticas relacionadas ao Ensino desenvolvendo pesquisas nas áreas da Matemática, Estatística e Interdisciplinaridade

ÍNDICE REMISSIVO

A

B

C

D

E

F

Atena
Editora
2020