



CATÓLICA
UNIVERSIDADE CATÓLICA PORTUGUESA
ESCOLA SUPERIOR DE BIOTECNOLOGIA

ESTUDO LONGITUDINAL DA VELOCIDADE DE EXPOSIÇÃO RADIOACTIVA EM DOENTES
INTERNADOS SOB TERAPÊUTICA COM IODO-131

por
Catarina Alexandra Leitão e Pacheco

Maior 2012



CATÓLICA
UNIVERSIDADE CATÓLICA PORTUGUESA
ESCOLA SUPERIOR DE BIOTECNOLOGIA

ESTUDO LONGITUDINAL DA VELOCIDADE DE EXPOSIÇÃO RADIOACTIVA EM DOENTES
INTERNADOS SOB TERAPÊUTICA COM IODO-131

LONGITUDINAL STUDY OF THE VELOCITY OF RADIOACTIVE EXPOSURE IN HOSPITALIZED
PATIENTS UNDERGOING IN THERAPY WITH IODINE-131

Tese apresentada à Escola Superior de Biotecnologia da Universidade Católica Portuguesa para
obtenção do grau de Mestre em Engenharia Biomédica

por

Catarina Alexandra Leitão e Pacheco

sob orientação de

Doutor Durval Campos Costa, MD, MSc, PhD, FRCR

Mestre Joana Vale Ferreira Silva

Maio 2012

*À minha mãe, Irmãos, Irmãs
E em memória do meu Pai*

“Para ser grande, sê inteiro: nada
Teu exagera ou exclui.
Sê todo em cada coisa. Põe quanto és
No mínimo que fazes.
Assim em cada lago a lua toda
Brilha, porque alta vive”

(Fernando Pessoa – Heterónimo Ricardo Reis)

Resumo

O presente estudo teve como objectivo determinar a influência de uma hiperhidratação (três litros de água por dia) em pacientes submetidos a terapêutica com iodo radioactivo (I-131), com doses de 100 mCi e 150 mCi, de modo a permitir uma redução no tempo de internamento. Assim, foram recolhidos os valores de velocidade de exposição ao nível da tiróide, ao nível da bexiga e ao nível dos membros inferiores, durante o tempo de internamento. Dividiu-se, de forma aleatória, os pacientes em dois grupos: um grupo de controlo – Grupo 1 – e um grupo em que os pacientes bebem, pelo menos, três litros de água por cada dia de internamento – Grupo 2. Realizou-se, também, um estudo da actividade e da velocidade de exposição do I-131 ao longo do tempo, de modo a permitir calcular o seu tempo de semi-vida. Os dados recolhidos, relativamente aos pacientes, foram tratados e analisados através da ferramenta estatística SPSS. Aquando esta análise, obteve-se um nível de significância de 0,060 e 0,930 para 100 mCi e 150 mCi, respectivamente, utilizando um grau de confiança de 10%. Estes valores mostram que, em condições de hiperhidratação, o tempo de internamento pode ser reduzido para pacientes submetidos a terapêutica com 100 mCi. No entanto, esta análise revelou que, para 150 mCi, a água ingerida não afecta o tempo de internamento. Mas realizando uma comparação das médias dos dois grupos é possível verificar que o tempo de semi-vida biológico do Grupo 2 é inferior, indicando que é possível a redução, ainda que significativa, do tempo de internamento.

Abstract

The present study was aimed at determining the influence of a hyperhydration (three liters of water per day) in patients undergoing treatment with radioactive iodine (I-131) at doses of 100 mCi to 150 mCi, to allow a reduction in length of stay. Thus were obtained the values of speed of exposure to the thyroid, bladder, and the inferior member's level during the time]] of hospitalization. Patients were divided randomly in two groups: one control group - Group 1 - and a group in which the patient drink at least three liters of water per day of hospitalization - Group 2. Was carried out, also, a study of the activity and rate of I-131 exposure over time, to allow calculate its half-life. The data collected in relation to patients, were treated and analyzed by SPSS statistical tool. During this analysis we obtained a significance level of 0,060 and 0,930 to 100 mCi and 150 mCi, respectively, using a confidence level of 10%. These values show that in terms of hyperhydration, the time of hospitalization may be reduced in patients undergoing therapy with 100 mCi. However, this analysis showed that for 150 mCi, water intake not affect the time of hospitalization. But performing a comparison of the two group's average is possible to verify that the half-life of the Group 2 is less than Group 1, indicating that the reduction is possible, even significant, time of hospitalization.

Agradecimentos

Esta foi uma jornada repleta de alegrias, obstáculos e de desafios. Não podia deixar de agradecer a todos aqueles que contribuíram para a finalização deste percurso, e demonstrar a minha gratidão:

✓ Doutor Durval Campos Costa por me ter proporcionado a oportunidade de estagiar e desenvolver este trabalho em HPP – Medicina Molecular, SA sediada no edifício do Hospital Privado da Boavista. Quero também, agradecer todo o seu empenho e disponibilidade em ajudar, e também, por me ter sempre desafiado e a pensar mais além.

✓ Engenheira Joana Vale pela incansável ajuda proporcionada, e por ter conseguido resolver todos os desafios que foram surgindo, mesmo quando contrariavam a física.

✓ Técnico Diogo Faria e Técnica Joana Patrina pela ajuda ao longo destes quase seis meses e pelas conversas inspiradoras. Obrigada por terem tornado estes seis meses inesquecíveis. Esta foi uma experiência que nunca irei esquecer. “Ninguém sai como entrou”.

✓ Dr. José Oliveira e Dr. Fernando por se terem mostrado sempre receptivos a ajudar durante os internamentos, e a todas as questões colocadas.

✓ A todas as funcionárias da recepção e restantes Técnicos um muito obrigado por terem feito parte desta jornada.

✓ Professor João Paulo Ferreira por estar sempre disponível e receptivo a responder a todas as questões colocadas.

Não podia deixar de lado a minha família, uma vez que foram eles que me deram força nas alturas em que desmotivava, especialmente à minha Mãe e irmão Alexandre.

A todos os amigos, em especial à Ana Luísa, Ana Margarida e Cristiano que me ajudaram e me deram força durante todo este trajecto, um muito obrigado. E também a uma pessoa que se tornou especial, e que me apoiou e motivou na etapa final deste longo percurso.

Por fim, e não menos importante a meu Pai que, mesmo não estando presente fisicamente, sempre me motivou e incentivou a dar o meu melhor. Espero que estejas orgulhoso.

Índice

Resumo	V
Abstract	VII
Agradecimentos	IX
Lista de Figuras	XIII
Lista de Tabelas	XV
Lista de abreviaturas e símbolos	XVII
Introdução	1
Materiais e Métodos	15
Resultados	17
Discussão de Resultados	31
Conclusões gerais	37
Trabalho Futuro	39
Referências Bibliográficas	41
Apêndices	45
Apêndice I - Estudo do I-131 ao longo do tempo	47
Apêndice II - Medições realizadas para cada paciente nos dois grupos	49

Lista de figuras

	Página
Figura 1 – Captação do iodo radioactivo pela tiróide. A captação normal deste iodo aumenta progressivamente nas primeiras 24 horas (zona a cinzento).	5
Figura 2 - Contador <i>Geiger-Müller</i> .	11
Figura 3 – Região do contador de área Geiger-Müller (região E). Esta região é independente do tipo de radiação que causa as ionizações iniciais.	12
Figura 4 – Dosímetro de bolso.	13
Figura 5 – Gráfico da actividade do I-131 em função do tempo.	18
Figura 6 – Velocidade de exposição do I-131 em função do tempo.	18
Figura 7 – Logaritmo da razão da actividade inicial com a actividade em função do tempo.	19
Figura 8 – Actividade em função do tempo para o paciente A1.	21
Figura 9 – Velocidade exposição em função do tempo para o paciente A1.	22
Figura 10 – Logaritmo da razão da actividade inicial com a actividade em função do tempo, para o paciente A1.	22

Lista de tabelas

	Página
Tabela 1 – Estudo da actividade de velocidade de exposição do Iodo-131.	17
Tabela 2 – Valores de velocidade de exposição e actividade referentes ao paciente A1.	21
Tabela 3 – Valores obtidos para tempos de semi-vida, IMC e água ingerida para cada paciente.	24
Tabela 4 – Teste à normalidade dos dados recolhidos para dose de 100 mCi.	25
Tabela 5 - Teste à normalidade dos dados recolhidos para dose de 150 mCi.	25
Tabela 6 – Comparação dos dois grupos utilizando o teste <i>Two-Way</i> ANOVA, para 100 mCi.	26
Tabela 7 – Comparação dos dois grupos através do teste <i>One-Way</i> ANOVA, para 100 mCi.	27
Tabela 8 – Comparação das médias do tempo de semi-vida biológico de cada grupo para 100 mCi.	27
Tabela 9 – Comparação dos dois grupos, através do teste <i>One-Way</i> ANOVA, para 150 mCi	28
Tabela 10 – Comparação das médias do tempo de semi-vida biológico de cada grupo para 150 mCi.	28
Tabela 11 – Comparação dos dois grupos, através do teste <i>One-Way</i> ANOVA, para 100 mCi, excluindo os pacientes com doenças.	29

Lista de abreviaturas e símbolos

α	Alfa
β	Beta
λ	Constante de decaimento físico
Bq	Bequerel
Ci	Curie
β^-	Decaimento beta negativo
β^+	Decaimento beta positivo
GM	Geiger–Müller
Gy	Gray
I-131	Iodo-131
IMC	Índice de Massa Corporal
TLD	Termoluminescente
TRH	Hormona libertadora da tiróide
TSH	Hormona estimulante da tiróide
T_3	Tri-iodotironina
T_4	Tiroxina
$T_{1/2}$	Tempo semi-vida
T_b	Tempo semi-vida biológico
T_{ef}	Tempo semi-vida efectivo
T_f	Tempo semi-vida físico
Sv	Sievert

Introdução

A Medicina Nuclear pode ser definida como uma especialidade médica que envolve o uso de substâncias radioactivas - radiofármacos ou radionuclídeos - para o diagnóstico e tratamento de diversificadas doenças (Elgazzar, 2011). As substâncias radioactivas têm sido utilizadas no diagnóstico e tratamento por mais de 100 anos (ICRP, 2004) e a sua escolha é muito importante para as aplicações pretendidas. Actualmente, todos os radionuclídeos usados na área clínica são produzidos em reactores nucleares, ciclotrão ou em outro tipo aceleradores (Thrall e Ziessman, 2011).

A nível terapêutico, os radionuclídeos usados requerem características diferentes dos utilizados para diagnóstico. A escolha destes radioisótopos terapêuticos assenta em importantes características como: propriedades físicas – tipo e energia de emissão –; tempo de semi-vida – combinação do tempo semi-vida físico com o tempo semi-vida biológico –; comportamento químico – estabilidade e actividade específica e; por fim, a especificidade (Brenner e Eary, 2007). Existem também outras características a ter em conta na escolha de um radionuclídeo como os métodos de produção e custo da substância utilizada (Flower, 1998). O radiofármaco ideal a nível terapêutico é aquele que permanece ligado ao fármaco e que é excretado rapidamente e de uma forma simples (Brenner e Eary, 2007). Um elemento pode conter variados isótopos – radionuclídeo de um mesmo elemento químico diferindo no número de massa – em que alguns poderão possuir configurações nucleares instáveis de protões e neutrões (Mettler e Guiberteau, 2006). Na presença de um núcleo instável, este ajusta-se até atingir a estabilidade pretendida, através de ejeção de partes do seu núcleo – desintegração – ou emitindo energia sob forma de fotões – raios gama. Este processo é chamado decaimento radioactivo. A instabilidade dos nuclídeos pode ser originada por dois factores: excesso de neutrões ou protões, ou ainda por números ímpares de neutrões e protões (Mettler e Guiberteau, 2006).

Como referido anteriormente, o tipo e energia de emissão e estabilidade são muito importantes na escolha do radionuclídeo para a área terapêutica. O decaimento radioactivo é uma transformação nuclear espontânea que resulta na transformação em novos elementos, sendo um processo independente dos estados físico e químico do nuclídeo (Magill e Galy, 2005). Na sua maioria, a estabilidade de um isótopo pode ser alcançada essencialmente por dois tipos de decaimento: decaimento alfa (α) e decaimento beta (β). Ambos os casos podem originar a

criação de outros núclídeos – transmutação - que podem ser radioactivos ou estáveis, sendo a emissão gama uma reacção consequente (Early e Sodee, 1995). O decaimento nuclear pode envolver uma simples libertação de energia do núcleo ou alterar o número de protões ou neutrões dentro deste (Mettler e Guiberteau, 2006). O decaimento alfa é um processo de estabilização de núcleos que possuem um excesso de neutrões e protões, estas partículas alfa possuem emissões entre 1,8 e 11,7 MeV (Lombardi, 2007). Neste tipo de decaimento o núcleo filho contém menos dois protões e dois neutrões que o núcleo pai (Magill e Galy, 2005). Relativamente ao decaimento beta, este pode ser dividido em duas categorias: decaimento *negatron* (β^-) e decaimento *positron* (β^+). A emissão por decaimento *negatron* é um processo de estabilização de núcleos que possuem mais neutrões do que o necessário para a estabilização, e as suas partículas possuem a mesma massa e carga eléctrica que os electrões da orbital. Neste tipo de decaimento os neutrões são convertidos em protões e o isótopo-filho possui mais um protão que o isótopo que lhe deu origem, não existindo variação significativa de massa. Todos os *negatrons* emitidos – electrões - são acompanhados por um antineutrino ($\bar{\nu}$) – partícula subatómica – que possui uma massa muito reduzida (Lombardi, 2007). A estabilização por decaimento *positron*, é realizada em núcleos que possuem poucos neutrões para a estabilização, por outras palavras, possui um excesso de protões. Neste decaimento os protões são convertidos em neutrões existindo, também, um neutrino com massa muito reduzida aquando a emissão do positrão – carga eléctrica positiva. A maioria destes *positrons* é produzida em aceleradores (Lombardi, 2007). Em medicina nuclear, os radiofármacos utilizados no tratamento de doenças, são, normalmente, emissores beta (ICRP, 2004), uma vez que têm a capacidade de penetrar tecidos (Brenner e Eary, 2007), apesar de possuírem desvantagens como a elevada radiação que o paciente recebe por parte das partículas beta (Thrall e Ziessman, 2011).

A radioactividade é a transformação espontânea de núcleos atómicos, acompanhada por emissão de energia sob a forma de partículas e/ou fotões (Lombardi, 2007). A quantidade de radioactividade presente – número de desintegrações por segundo – é denominada por actividade, estando relacionada com o tempo de semi-vida dos isótopos (Mettler e Guiberteau, 2006). O tempo de semi-vida de um isótopo corresponde ao período ao fim do qual a actividade de um isótopo decai para metade do seu valor inicial podendo ser dividido em biológico, físico e efectivo (Lombardi, 2007). O tempo de semi-vida físico está associado ao isótopo utilizado, ou seja, é o tempo ao fim do qual a actividade do isótopo passa para metade do seu valor inicial, sendo este tempo de semi-vida muito importante para o planeamento dos tratamentos a realizar (Brenner e Eary, 2007). Relativamente ao tempo de semi-vida biológico é o tempo que o organismo humano

necessita para eliminar metade do isótopo recebido. É de salientar que o decaimento físico e biológico ocorre simultaneamente no organismo (Thrall e Ziessman, 2011). Por fim, o tempo de semi-vida efectivo está dependente do tempo de semi-vida físico e biológico (Thrall e Ziessman, 2011), e corresponde ao tempo em que metade da radiação é eliminada do corpo por um processo de combinação do decaimento radioactivo – tempo semi-vida físico – e excreção biológica – tempo semi-vida biológico (Lombardi, 2007). Este tempo de semi-vida efectivo é sempre inferior ao tempo de semi-vida físico, derivado à existência do tempo semi-vida biológico (Early e Sodee, 1995). As unidades do Sistema Internacional (SI) que definem o decaimento radioactivo por segundo é o Becquerel (Bq). Ao falar de radiação, é necessário ter em conta algumas definições como dose absorvida, dose equivalente e dose efectiva. A dose absorvida é definida como a dose média absorvida por um tecido ou órgão, tendo como unidade o Gray (Gy). A dose equivalente é dose absorvida num tecido ou órgão, em função do tipo e qualidade de radiação em causa. Por fim, a dose efectiva é a soma das doses equivalentes ponderadas em todos os tecidos e órgãos do corpo. As unidades da dose efectiva e dose equivalente é o Sievert (Sv) (Diário da República, 2008).

A utilização de radiofármacos para tratamento de doenças tem duplicado durante a última década (ICRP, 2004). O Iodo radioactivo tem sido utilizado em terapia por mais de 50 anos, para o tratamento de doenças da tiróide (Panzegrau *et al.*, 2005). Em medicina nuclear, mais concretamente na área terapêutica, as doses de radiação são muito elevadas provocando efeitos biológicos, sendo necessária a existência de requisitos especiais para a utilização dos radiofármacos (ARPANSA, 2008).

Como mencionado anteriormente, existem algumas características a ter em consideração na escolha do radiofármaco, como o tipo de emissão, energia, tempo de semi-vida, custo entre outros (Brenner e Eary, 2007). A terapia com radionuclídeos envolve a utilização de grandes quantidades de emissores de partículas beta e com tempos de semi-vida elevados (Lombardi, 2007).

No caso da terapêutica, o radionuclídeo mais usado para tratamento de doenças da tiróide é o Iodo-131 (I-131), uma vez que a nível fisiológico, existe absorção natural do iodo na sua forma elementar – e também na forma radioactiva - por parte da glândula da tiróide (Brenner e Eary, 2007), sendo este o factor de escolha deste radiofármaco. O I-131 apresenta muitas desvantagens uma vez que emite partículas beta – decaimento por *negatron* –, e também emite radiações gama (Comissão Europeia, 1998). Enquanto as partículas beta são designadas por partículas não penetrantes e depositam a sua energia no tecido humano, os raios

gama são indirectamente ionizantes e têm maior poder de penetração, aumentando o risco de exposição para outros tecidos e para outros indivíduos (Comissão Europeia, 1998). É esta elevada radiação gama (363 KeV) que faz com que sejam necessárias medidas adicionais de protecção contra a radiação, tornando a utilização do I-131 desvantajosa (Brenner e Eary, 2007). Estas deposições de energia no tecido humano resultam em elevadas doses absorvidas por parte dos órgãos – no caso do I-131 na tiróide - onde o radionuclídeo actua e nos órgãos adjacentes. Estas elevadas doses absorvidas pela tiróide, faz com que o I-131 não seja ideal para imagens de rotina (Mettler e Guiberteau, 2006). O I-131 possui, também, como desvantagem, um tempo de semi-vida elevado (8,06 dias) fazendo com que todo o processo de excreção e eliminação de resíduos após a utilização deste radiofármaco seja mais demorado (Mettler e Guiberteau, 2006). Apesar destas desvantagens, o I-131 apresenta algumas vantagens como baixo custo e facilidade de aquisição (Mettler e Guiberteau, 2006). O I-131 é obtido na forma de iodeto por fissão do urânio ou por irradiação do *Tellurium* com neutrões (Bastos, [s.d.]).

Uma vez que o principal factor de escolha do I-131 é o facto de a glândula da tiróide captar o iodo de forma espontânea, é importante perceber a sua anatomia, processo de absorção após a ingestão e a captação do iodo pela tiróide.

A tiróide – ou glândula tiroideia – é composta por dois lobos ligados entre si por uma estreita ponta de tecido tiroideu – istmo – e que se localizam na região anterior do pescoço imediatamente abaixo da laringe e justapostos lateralmente à metade superior da traqueia (Seeley *et al.*, 2003). As células foliculares da tiróide sintetizam, armazenam e secretam hormonas (Ziessman *et al.*, 2006), em que as mais importantes são a tri-iodotironina (T_3) e a tetra-iodotironina ou tiroxina (T_4). A actividade da tiróide é regulada pela hormona TSH – Hormona Estimulante da Tiróide – que é libertada pela glândula pituitária e que por sua vez é regulada por péptidos e aminas secretadas pelo hipotálamo (Braverman e Utiger, 1991). A produção da hormona TSH é estimulada por uma outra hormona – TRH (hormona libertadora da tiróide) – que é produzida no hipotálamo (Anónimo, 2008). A concentração das hormonas tiroideias no sangue também influencia a produção de TSH pela adeno-hipófise (Anónimo, 2008), e por sua vez o nível de TSH circulante influencia drasticamente a aparência histológica da tiróide, podendo também, afectar o transporte de iodo para esta (Braverman e Utiger, 1991). Para além das células que produzem as hormonas tiroideias T_3 e T_4 , encontram-se, na tiróide, células que sintetizam calcitonina – células parafoliculares – que podem dar origem a alguns tumores (Anónimo, 2008). O iodo é um componente essencial para a síntese das hormonas da tiróide, sendo a sua captação um processo facilitado

(Ziessman *et al.*, 2006). Após a ingestão oral, o iodo é rapidamente reduzido a iodeto (I^-) no intestino delgado. Este é distribuído pela corrente sanguínea como um ião extracelular similar ao cloreto. As células foliculares da tiróide captam o iodeto através de uma bomba de sódio, designada “*thyroid pump*” que concentra o iodo de forma intracelular. De seguida, o iodeto é oxidado em iodo neutro (I) através da peroxidase presente nas células foliculares (Ziessman *et al.*, 2006). Os iões de iodo entram, por transporte activo contra um gradiente de concentração, nas células da tiróide (Anónimo, 2008). A taxa de absorção gastrointestinal ronda os 5% por minuto, havendo absorção total ao fim de uma a duas horas (Kowalsky e Falen, 2004). A absorção pode ser influenciada pela presença de alimentos e está directamente relacionada com o funcionamento da tiróide (Kowalsky e Falen, 2004). Uma vez que o corpo não consegue diferenciar o iodo na sua forma elementar e na sua forma radioactiva, o I-131 funciona da mesma forma que o iodo na forma elementar – quer em tecido normal ou em tecido maligno –, sendo a sua concentração mais elevada entre as primeiras 24 e 48 horas após a ingestão deste radiofármaco (IAEA, 2006) [Figura 1].

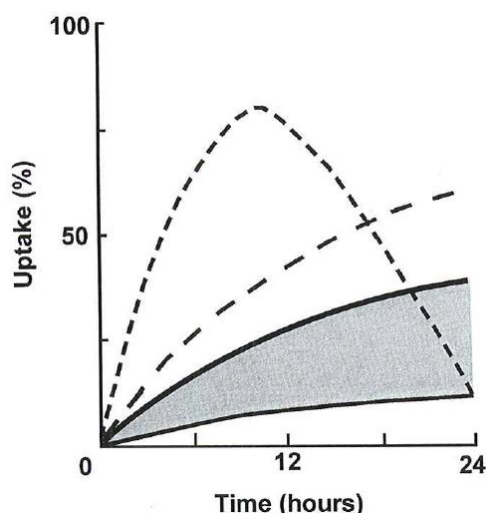


Figura 1 – Captação do iodo radioactivo pela tiróide. A captação normal deste iodo aumenta progressivamente nas primeiras 24 horas (zona a cinzento), sendo a sua captação entre os 10 e 30% neste período. A linha a tracejado, acima da zona de captação normal corresponde a um paciente com hipertiróidismo típico, com 24 horas de captações variando entre 50 e 80%. Alguns pacientes com a doença de Graves têm uma captação rápida de iodo – curva superior – com captação elevada no início e posteriormente com captação ligeiramente elevada ou normal em 24 horas (Ziessman *et al.*, 2006).

O iodo pode ser incorporado no organismo através de alimentos e bebidas ricos em iodo, sendo necessária uma quantidade adequada de iodo para a síntese

das hormonas tiroideias (Seeley *et al.*, 2003). O I-131 permite lesar as células da tiróide levando à diminuição da capacidade de produzir hormonas tiroideias, conduzindo, assim, à normalização da quantidade de hormonas em circulação (Anónimo, 2008). Para além do tecido tiroideu, o I-131 é um marcador das glândulas salivares, estômago, fígado, vias urinárias e intestino (Bastos, [s.d.]). O tratamento com I-131 tem vários objectivos e finalidades, como a ablação dos restos tiroideus, destruição de metástases, hipertiroidismo, e terapêutica paliativa de grandes massas tumorais (Bastos, [s.d.]). No entanto, a terapia com I-131 é mais frequente para tratamento de hipertiroidismo e carcinoma da tiróide (Lombardi, 2007). A eliminação do I-131 do organismo é relativamente rápida devido ao decaimento radioactivo e à excreção metabólica – urina, fezes, suor, etc. (Comissão Europeia, 1998). Esta excreção pode ser condicionada aquando a existência de doenças renais, e em alguns casos com a existência de diabetes. Um terço da população que sofre desta doença possui problemas renais originados pelas diabetes (National Kidney Foundation, 2007). A elevada concentração de açúcar no sangue pode originar danos em várias partes do corpo, entre as quais rins, coração, olhos e vasos sanguíneos (National Kidney Foundation, 2007).

A administração do I-131 para o tratamento de hipertiroidismo e carcinoma da tiróide é feita via oral, sob forma de cápsulas ou em forma líquida, podendo ser realizada tanto em ambulatório como em casos de internamento (ICRP, 2004). Em ambos os casos, a administração do I-131 deve ser realizada numa área controlada, uma vez que após a administração do radiofármaco o paciente é uma fonte de radiação (IAEA, [s.d.]). A actividade administrada depende do tipo de patologia. Para casos de hipertiroidismo a actividade administrada varia entre os 100 e 1000 MBq – 2 e 30 mCi, aproximadamente – e para tratamento de carcinoma da tiróide a actividade administrada varia entre os 4000 e 8000 MBq – 100 e 200 mCi – (ICRP, 2004). O regime de internamento apenas é necessário em tratamentos de carcinoma da tiróide. É importante que a actividade administrada seja medida num calibrador de actividade antes de ser administrada (IAEA, [s.d.]). Comparando a utilização de I-131 sob forma de cápsulas e em forma líquida, as cápsulas reduzem a dose de radiação que actua sobre o esófago. Além deste factor, as cápsulas são o método mais utilizado, uma vez que diminui o risco de contaminação (Bastos, [s.d.]). E quando utilizado na sua forma líquida é necessário medidas de protecção mais cuidadas, uma vez que o I-131 emite partículas β^- e fotões gama (Thompson, 2001).

De forma a perceber o modo de actuação deste tipo de tratamento, é necessário conhecer, de forma mais pormenorizada, as principais patologias de actuação deste tratamento. O hipertiroidismo é causado pela produção excessiva

das hormonas da tiróide levando à diminuição da produção de TSH por parte da adeno-hipófise (Anónimo, 2008). Neste tipo de patologia, o I-131 é absorvido e concentrado na glândula da tiróide resultando na destruição de células da tiróide – pelas partículas β^- (Comissão Europeia, 1998) – e na diminuição da produção das hormonas da tiróide (ICRP, 2004). O modo de tratamento do cancro da tiróide depende, fundamentalmente, da sua histologia (Bastos, [s.d.]). O tratamento de carcinomas é baseado no facto de que as células malignas captam o I-131 sendo posteriormente destruídas. Normalmente, as células do cancro da tiróide captam quantidades reduzidas de I-131, no entanto, quando a TSH se encontra muito aumentada, as células malignas da tiróide são capazes de captar quantidades significativas de I-131. As elevadas doses administradas destroem as células malignas da tiróide sem lesar os tecidos que a rodeiam. Assim, para realizar tratamentos com I-131 em patologias de carcinomas da tiróide, é necessário que a tiróide seja toda ou parcialmente removida (ICRP, 2004). As células metastáticas, ao incorporar o iodo radioactivo são destruídas por acção dos efeitos ionizantes da radiação β^- (Bastos, [s.d.]). Neste tipo de tratamento, os pacientes devem ficar internados durante dois ou três dias até que os limites de exposição à radiação desçam até aos níveis legalmente exigidos (ICRP, 2004).

Ao iniciar a terapêutica com I-131 para tratamento de carcinomas da tiróide, é necessário existir uma preparação prévia antes de iniciar o tratamento. Primeiramente é aconselhado ao paciente a interromper, com um mês de antecedência ao tratamento, qualquer tipo de medicação com hormona tiroideia – por exemplo *Letter* ou *Thyrax* – de modo a maximizar a captação do I-131 pelo aumento da produção da hormona TSH – provocando quadro de hipotiroidismo (Anónimo, 2008). É necessário, também, evitar a administração de iodo por via oral, contrastes radiológicos e desinfectantes (Bastos, [s.d.]), uma vez que reduz a captação do I-131 diminuindo, assim, a eficácia do tratamento (Anónimo, 2008). De modo a aumentar a captação do iodo no tecido tiroideu (Parthasarathy e Crawford, 2002), é necessário realizar uma dieta hipossalina – pobre em iodo – evitando, assim, alimentos como ovos, marisco, peixe fresco, e redução de sal iodizado (Brenner e Eary, 2007). Aquando o tratamento o paciente deverá estar em jejum e deverá ser prolongado duas a quatro horas após a administração da cápsula de I-131, de forma a otimizar a absorção do iodo (Bastos, [s.d.]).

Aquando o internamento é necessário seguir alguns protocolos. Primeiramente as instalações são mostradas ao paciente explicando, oralmente e por escrito, o funcionamento das instalações e as normas que este deve cumprir durante o internamento, como o isolamento, tratamento de resíduos, refeições, etc. (Anónimo, 2008). Estas instruções devem ser entregues ao paciente devendo ficar

registado na sua ficha clínica que recebeu as instruções (STUK, 2003). É explicado ao paciente que não poderá sair do seu quarto durante os dias de internamento não podendo receber visitas, de modo a reduzir a contaminação das pessoas em redor (Anónimo, 2008). Após explicar ao paciente estes passos, é necessário que este assine o consentimento para iniciar o tratamento (Parthasarathy e Crawford, 2002) com indicação que foi informado das restrições durante e após o internamento (Biersack e Freeman, 2007). No caso de mulheres em idade fértil, é ainda necessário realizar um teste para despiste de gravidez uma vez que grávidas não podem receber este tratamento (Parthasarathy e Crawford, 2002). É aconselhado, também, ao paciente a beber água abundantemente de forma a evitar a inflamação da bexiga e a estimular a eliminação da radiação e, também, a absorver limão, de hora a hora, para evitar a inflamação das glândulas salivares ajudando a excretar a radiação acumulada nesse local (Anónimo, 2008). Durante o internamento é necessário realizar medições – com o auxílio de um equipamento *Geiger-Müller* (GM) –, de modo a averiguar a velocidade de exposição da radiação (ARPANSA, 2008). Estas medições são muito importantes aquando a saída do paciente, uma vez que este não poderá ter alta caso possua uma velocidade de exposição acima dos 50 $\mu\text{Sv/h}$ (Thompson, 2001).

O I-131 também pode ser utilizado em diagnóstico, mais concretamente em cintigrafias. As cintigrafias à tiróide – antes da terapêutica com I-131 - ajudam a determinar o local onde as metástases do carcinoma da tiróide se localizam e a avaliar se poderão ser reduzidas com iodo radioactivo (Braverman e Utiger, 1991). Os pacientes submetidos a terapêutica com I-131, devem realizar um exame de diagnóstico no oitavo dia após a administração da cápsula, tendo como objectivo a detecção de metástase persistentes (Sharp *et al.*, 2005). Apesar de estes exames serem realizados com o I-131, este não é o radiofármaco mais aconselhado para a área de diagnóstico, uma vez que os picos de energia – gama e beta – são mais elevados (Braverman e Utiger, 1991). Outro factor que torna este radiofármaco desaconselhado é o facto de as câmaras gama possuírem uma sensibilidade fraca ao I-131. Aproximadamente metade dos fotões penetram no cristal da câmara, não sendo, assim, detectados (Ziessman *et al.*, 2006). O radiofármaco mais aconselhado é o I-123 uma vez que não possui emissões beta e as emissões gama rondam os 35,4 keV (Braverman e Utiger, 1991).

Ao realizar tratamentos com I-131 é necessário ter em consideração que este é um emissor de radiação gama e partículas beta. Por isso, é necessário tomar medidas de protecção e cuidados durante e após o internamento. Relativamente às instalações, o paciente deve ser instalado num quarto preferencialmente privativo revestido a chumbo ou paredes grossas de concreto, de

modo a reduzir a exposição para os corredores e quartos adjacentes (Thompson, 2001). O quarto deve situar-se num local isolado de zonas com elevada passagem de pacientes e trabalhadores para reduzir a exposição da radiação a estes membros. Estes devem possuir uma casa de banho privativa, com o tampo da sanita coberto com plástico (Thompson, 2001), e separação do saneamento para tanques de envelhecimento de urinas, de modo a garantir uma correcta radioprotecção (Bastos, [s.d.]). Idealmente, o televisor, telefone, luzes devem ser cobertos com plástico para a evitar a contaminação (Thompson, 2001). No que diz respeito às medidas de protecção durante as refeições, todos os utensílios devem ser de plástico e, juntamente com os resíduos alimentares, devem ser armazenados em sacos do lixo em locais próprios para o seu isolamento. Todos os resíduos devem ser guardados por, aproximadamente, 90 dias (Thompson, 2001). Durante o internamento, não é permitida a entrada de nenhum visitante devido ao elevado risco de contaminação (Thompson, 2001). Aquando o internamento, não deverá ser permitida a utilização de roupa e objectos pessoais dos pacientes até ao dia da alta. Deve também, ser aconselhada a utilização de objectos pessoais descartáveis, como a escova de dentes, cabelo, etc. (Thompson, 2001). Durante todo o internamento os técnicos não devem entrar no quarto sem um dosímetro, e todas as colheitas de sangue, urina ou fezes devem ser evitadas (IAEA, 2006). Após o internamento, também é necessário ter alguns cuidados, uma vez que o risco de contaminação de membros da família é superior até sete dias após a administração do I-131 (ICRP, 2004). O paciente deverá evitar o contacto com grávidas e crianças e deve manter uma distância mínima de um metro do público em geral, não podendo, por isso, dormir acompanhado. Caso o paciente cozinhe deverá utilizar luvas enquanto manipula os alimentos, e a sua loiça deverá ser lavada em separado, assim como a roupa pessoal e de cama. Tal como no internamento, o paciente deverá tomar banho de chuveiro esfregando bem a pele e descarregar sempre duas vezes o autoclismo em cada utilização (Anónimo, 2008). É importante informar os pacientes do sexo feminino que deverão evitar ficar grávidas nos seis meses que se seguem após o internamento (Biersack e Freeman, 2007).

O I-131 é excretado na sua maioria através do sistema renal, havendo, também, excreção através das glândulas salivares, suor e fezes (ICRP, 2004). Assim, uma doença ao nível renal pode afectar a excreção da radiação. Uma vez que este radionuclídeo é um emissor gama, este resulta numa maior dose de exposição para o público em redor sendo necessárias medidas de protecção (ICRP, 2004). Estas elevadas doses de radiação, podem conduzir a alguns efeitos secundários. Os efeitos biológicos originados pela exposição à radiação dependem do tipo de exposição, podendo ser designados por determinísticos e estocásticos

(Lombardi, 2007). Os efeitos determinísticos são aqueles causados pela diminuição ou perda de função do órgão devido a morte celular (Comissão Europeia, 1998), sendo o resultado de exposições com elevado nível de radiação – em casos de acidentes -, existindo um acentuar dos efeitos secundários com o aumento da dose recebida. Estes efeitos podem ser também designados por exposições agudas, uma vez que uma elevada dose é recebida num curto espaço de tempo (Lombardi, 2007). No caso do tratamento de doenças como hipertiroidismo e cancro da tiróide o objectivo é activar a morte celular não afectando os órgãos em redor. Os efeitos estocásticos são aqueles que resultam das alterações de radiação induzidas em células que conservam a sua capacidade de se dividir. Estas células modificadas iniciam, por vezes, uma transformação maligna de uma célula, levando ao desenvolvimento de células malignas e conseqüentemente a cancro (Comissão Europeia, 1998). Nos efeitos estocásticos – dos quais se destacam as doenças carcinogénicas e mutagénicas (Sharp *et al.*, 2005) - a probabilidade de observar efeitos secundários aumenta com a dose recebida. Estes efeitos também podem ser designados por exposições crónicas uma vez que doses baixas são recebidas durante um longo período de tempo (Lombardi, 2007).

As medidas físicas de protecção consideradas são o tempo, distância e blindagem apropriada (Bolus, 2008). É facilmente perceptível que, quanto mais tempo dispendido próximo da fonte radioactiva, maior a dose recebida. A dose recebida corresponde à quantidade de radiação ionizante recebida durante um período de tempo (Bolus, 2008). O segundo princípio de segurança é a distância da fonte radioactiva (Bolus, 2008). A radiação gama obedece à lei do inverso do quadrado, ou seja, inverso da distância ao quadrado – quanto maior a distância menor a radiação recebida (Sharp *et al.*, 2005). Este princípio fundamental da exposição à radiação refere-se à distância que a radiação ionizante deve percorrer a partir da fonte até ao indivíduo (Bolus, 2008). Por fim, o terceiro princípio da protecção da radiação é a blindagem do local onde o paciente será internado. Esta blindagem está dependente do tipo e energia de radiação ionizante a utilizar (Bolus, 2008) e depende do tipo e energia das radiações emitidas (Sharp *et al.*, 2005). A radiação beta – radiação emitida pelo I-131 – é mais penetrante que a radiação alfa viajando em *zig-zag* e requer tipos de blindagem mais pesados (Bolus, 2008). A blindagem das instalações deve ser arquitectada de modo a minimizar a exposição da radiação aos membros do público e técnicos (ARPANSA, 2008). Além destes três princípios, existe uma outra medida a ter em consideração no que diz respeito às medidas de protecção: a higiene. Uma boa higiene minimiza a possibilidade de contaminação directa com I-131. Uma vez que a radiação é excretada, na sua maioria, pelo sistema renal, é importante realizar uma correcta lavagem das mãos após urinar (IAEA, 2006).

A detecção da radioactividade é fundamental para a prática da medicina nuclear. A quantidade e o tipo de radiação administrada aos pacientes devem ser medida e documentada, assim como, a radiação existente nas áreas de terapia (Thrall e Ziessman, 2011). Nos equipamentos de monitorização engloba-se os contadores *Geiger-Müller*, detectores de área com alarme e dispositivos de monitorização individual, que se encontram na categoria dos detectores gasosos (Lombardi, 2007).

O contador *Geiger-Müller* é o detector mais versátil para a medicina nuclear (IAEA, 2006). Este detector é usado para detectar e medir baixos níveis de radiação beta e gama (Kowalsky e Falen, 2004), uma vez que opera medindo a radiação em eventos individuais (IAEA, 2006). A resposta dos contadores GM é independente da quantidade de ionização que ocorre dentro do detector, fazendo com que este tipo de contadores seja indicado para detectar baixos níveis de radiação (Kowalsky e Falen, 2004). Este tipo de contadores é muito adequado para medicina nuclear, uma vez que são sensíveis para a indicação de contaminações que poderão exigir atenção (Sharp *et al.*, 2005). Os detectores GM englobam-se no grupo dos detectores gasosos. Este tipo de detectores consistem em câmaras cheias de gás – ar, dióxido de carbono ou argon - em forma de cilindro contendo dois eléctrodos – ânodo e cátodo -, ligados a uma bateria de alimentação que fornece a voltagem necessária para o seu funcionamento (Lombardi, 2007). Os contadores GM possuem algumas desvantagens em particular na eficiência de detecção. Esta eficiência decresce rapidamente por volta dos 70 keV. Em medicina nuclear, a maioria dos fotões e energias beta em uso encontra-se acima dos 60 keV (IAEA, 2006). Este tipo de contadores é muito útil nas áreas de exposição a elevados níveis de radiação, como no caso da terapia com I-131 (IAEA, 2006). A medição da radiação emitida pelo paciente é realizada a um metro de distância e de forma perpendicular ao abdómen do paciente (IAEA). Na Figura 2 é possível observar um contador *Geiger-Müller*.



Figura 2 - Contador *Geiger-Müller* (Biostad, 2012).

Como referido, é necessário controlar a radiação existente nas áreas de medicina nuclear. Para tal, é utilizado um medidor de área com alarme, preenchidos com gás (Podgorsak, 2003). Os tipos de contadores mais utilizados, são, também, contadores *Geiger-Müller*, com um alarme sonoro que é accionado quando ultrapassa uma taxa de contagem pré-definida, normalmente a taxa varia os 150 e 200 $\mu\text{Sv/h}$ (Lombardi, 2007). É possível verificar a região deste tipo de detectores de área na Figura 2. Este tipo de detectores pode detectar níveis de emissores beta e gama na ordem dos microcuries (μCi), no entanto, a níveis muito altos de radiação estes podem originar erros de leitura (Lombardi, 2007).

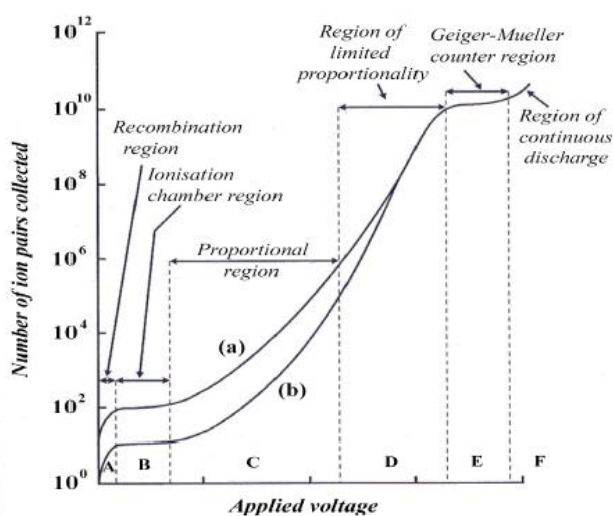


Figura 3 – Região do contador de área Geiger-Müller (região E). Esta região é independente do tipo de radiação que causa as ionizações iniciais (Podgorsak, 2003).

Os técnicos de medicina nuclear, também deverão usar dispositivos de monitorização individual para medição de radiação. Estas monitorizações são importantes para verificar as doses recebidas durante um intervalo de tempo e para avaliar a efectividade das práticas de controlo da exposição à radiação, permitindo, também, detectar variações dos níveis de radiação nas áreas de medicina nuclear e em situações onde exista algum tipo de acidentes (Podgorsak, 2003). Os dispositivos de monitorização individual designam-se por dosímetros, e devem ser utilizados entre o peito e a cintura (IAEA, 2006). Os dosímetros de bolso (Figura 4) são baseados em pequenas câmaras de ionização para monitorizar a exposição à radiação (Lombardi, 2007). Os dosímetros operam como um condensador, em que é aplicado uma corrente eléctrica para ligar o condensador (Lombardi, 2007). A corrente aplicada separa duas fibras revestidas a quartzo por repulsão eléctrica, e a descarga faz com que uma das fibras se mova através da escala (Lombardi, 2007). Este tipo de dosímetros, apesar de serem simples, acessíveis e permitirem

uma leitura instantânea, não são ideais para o uso em medicina nuclear de forma rotineira, uma vez que mede doses muito baixas (IAEA, 2006), possuindo, também, uma sensibilidade muito baixa e problemas de bateria (Podgorsak, 2003). Os dosímetros de bolso têm como desvantagem a sua sensibilidade e fragilidade. Este tipo de dosímetros permite uma leitura imediata do valor de radiação recebido. Os dosímetros mais usados em medicina nuclear são os TLD – termoluminescente –, e são avaliados mensalmente (Sharp *et al.*, 2005). Estes dosímetros TLD consistem em pequenos equipamentos que contêm cristais de cálcio ou fluoreto de lítio. Os cristais absorvem a energia libertada pela radiação ionizante (Kowalsky e Falen, 2004). Quando aquecidos, estes cristais libertam a energia absorvida na forma de luz visível, sendo posteriormente analisada (Kowalsky e Falen, 2004). As radiações beta e gama registadas neste tipo de dosímetros são avaliadas medindo o TLD de saída sob diferentes filtros, comparando os resultados com curvas de calibração previamente estabelecidas em condições bem definidas (Podgorsak, 2003).



Figura 4 – Dosímetro de bolso (ALOKA, 2012).

A monitorização rotineira dos trabalhadores é um elemento muito importante uma vez que é necessário obter um registo legal da dose de radiação recebida (Thompson, 2001), de modo a não exceder o limite imposto pela legislação. De acordo com a legislação portuguesa, o limite de dose efectiva dos trabalhadores é fixado em 100 mSv por um período de cinco anos consecutivos, no entanto, o valor não deve ultrapassar os 50 mSv em cada ano, o mesmo é aplicado para estudantes e estagiários com idade superior a 18 anos (Diário da República, 2008). No que diz respeito a trabalhadores do sexo feminino que estejam grávidas, estas devem declarar à entidade patronal a sua situação, de modo a garantir a protecção do feto, sendo esta equivalente à dispensada aos membros do público em geral. A dose recebida pelo feto não pode exceder 1mSv durante o período de gravidez (Diário da República, 2008). Por fim, a legislação obriga a que o limite de dose efectiva para os membros do público em geral não exceda 1 mSv por ano (Diário da República, 2008).

O presente trabalho tem como objectivo estudar a velocidade de exposição radioactiva emanada por doentes internados para terapêutica com I-131 sob diferentes condições, de modo a programar o dia de alta e indagar o efeito da hiperhidratação oral e estimulação do sistema gastrointestinal nos valores à data de alta, uma vez que a eliminação do radiofármaco é feita, fundamentalmente, pelo sistema urinário (urina) e sistema gastrointestinal (fezes). Pretendeu-se, assim, analisar a diferença da velocidade de exposição entre dois grupos e determinar a vantagem da utilização de hiperhidratação.

Métodos

Internamento

No processo de internamento dos pacientes é necessário seguir algumas etapas. Primeiramente é explicado ao paciente o funcionamento das instalações. Nesta etapa o paciente é informado que deverá tomar banho pelo menos uma vez por dia devendo, de seguida, descartar a toalha utilizada. É explicitado, também, que este não pode sair do quarto até ao dia da alta. Para dar início ao tratamento é necessário realizar um pequeno questionário. Este tem como objectivo procurar conhecer se o paciente seguiu os conselhos de pré-tratamento. O paciente deverá estar em jejum de pelo menos três horas, ter realizado uma dieta pobre em iodo durante uma semana e parar a medicação um mês antes. Nesta etapa do internamento é essencial saber se o paciente utilizou algum produto à base de iodo, como por exemplo, contrastes de exames médicos, desinfectantes, tintas de coloração de cabelo, entre outros. Após este questionário o paciente deve assinar o consentimento para dar início à terapêutica com I-131.

Por fim, para o presente estudo, é questionado ao paciente a sua idade, altura, peso e a existência de doenças, sendo apenas consideradas doenças como diabetes e problemas renais.

Recolha de dados

No processo de recolha de dados, foi necessário dividir a população em estudo em dois grupos.

De modo a reforçar a viabilidade do estudo, as amostras foram recolhidas de modo aleatório, ou seja, durante duas semanas foram recolhidos dados para o Grupo 1, e nas duas semanas seguintes para o Grupo 2, e assim sucessivamente. Neste estudo não há discriminação quanto ao sexo, idade e quanto à existência de doenças.

No primeiro grupo (Grupo 1) – grupo de controlo -, os pacientes internados sob a terapêutica com I-131 - 100 e 150 mCi - são informados que de que terão de manter-se hidratados, semelhante ao protocolo já em utilização - sendo, neste caso, necessário conhecer a quantidade de água bebida pelo paciente ao longo do internamento. No segundo grupo (Grupo 2), o grupo da hiperhidratação oral e

estimulação gastrointestinal, os pacientes são informados que terão de consumir, no mínimo, três litros de água por dia complementado com uma saqueta de laxante por cada dia de internamento (a partir do segundo dia).

Durante os três dias de internamento foram realizadas duas medições diárias: uma medição uma hora após o pequeno-almoço e a segunda medição uma hora após o almoço, com excepção do primeiro dia, uma vez que os pacientes recebem a cápsula de I-131 durante a tarde. Neste caso as medições foram realizadas meia hora após a administração do I-131, de acordo com o protocolo existente na instituição de recolha dos dados. Estas medições são realizadas com um detector *Geiger-Müller* a três partes do corpo: zona da tiróide, bexiga e membros inferiores, durante 10 segundos em cada zona. Aquando estas medições o paciente deverá manter-se a um metro de distância.

Determinação tempo semi-vida Físico

Para a determinação do tempo semi-vida físico do I-131, realizou-se um estudo relativo à actividade e velocidade de exposição do I-131. Deste modo, pegou-se numa amostra deste radiofármaco e estudou-se o seu decaimento ao longo do tempo. Para determinar a actividade recorreu-se à *hotte* existente na radiofarmácia, usando assim, o calibrador. Para a velocidade de exposição, procedeu-se do mesmo modo para a medição dos pacientes, usando o contador *Geiger-Müller* a um metro de distância, numa divisão independente da área da Medicina Molecular.

Análise de dados

Os dados recolhidos foram analisados através da ferramenta estatística SPSS - *Statistical Package for the Social Sciences*. Foram utilizados os testes de normalidade - *Shapiro-Wilk* - para verificar se as amostras seguiam uma distribuição normal. Após este teste utilizou-se o teste ANOVA para determinar se existem diferenças significativas na utilização de hiperhidratação oral e estimulação gastrointestinal, comparativamente com o grupo de controlo (Grupo 1).

É importante salientar que a comparação dos resultados foi feita de acordo com a dosagem recebida. Ou seja, realizou-se um estudo estatístico para os dados de cada grupo para 100 mCi e outro estudo para 150 mCi.

Resultados

Tempo semi-vida físico I-131

De modo a iniciar o presente estudo, foi necessário recorrer ao estudo do tempo de semi-vida físico do Iodo-131. Assim, verificou-se a sua actividade e velocidade de exposição ao longo do tempo (Tabela 1). Na Tabela 1.1 do Apêndice I é possível encontrar a tabela mais pormenorizada.

Tabela 1 – Estudo da actividade e velocidade de exposição do Iodo-131.

Tempo (h)	Actividade (μCi)	Velocidade Exposição (μSv/h)	$Ln\left(\frac{A_0}{A}\right)$
0	728	2,92	0,000
2	724	2,91	0,006
4,83	712	2,75	0,022
7,9	705	2,74	0,032
24,38	673	2,66	0,079
26,49	669	2,45	0,085
28,12	661	2,34	0,097
32,98	648	2,29	0,116
35,04	644	2,12	0,123
50,55	610	1,96	0,177
52,55	604	1,92	0,187
58,05	600	1,66	0,193
59,55	593	1,58	0,205
124,71	468	1,10	0,442
126,71	456	1,00	0,468
129,54	437	0,96	0,510
131,2	430	0,80	0,527
146,7	429	0,77	0,529
149,7	423	0,76	0,543
153,45	423	0,72	0,543
164	425	0,76	0,538
167,68	404	0,68	0,589
169,84	396	0,56	0,609
172	393	0,54	0,616
175,41	390	0,51	0,624
191,66	373	0,49	0,669
215,83	339	0,27	0,764
219,33	336	0,26	0,773

Com os valores da Tabela 1, foi possível construir os gráficos da actividade (Figura 5) e da velocidade de exposição (Figura 6).

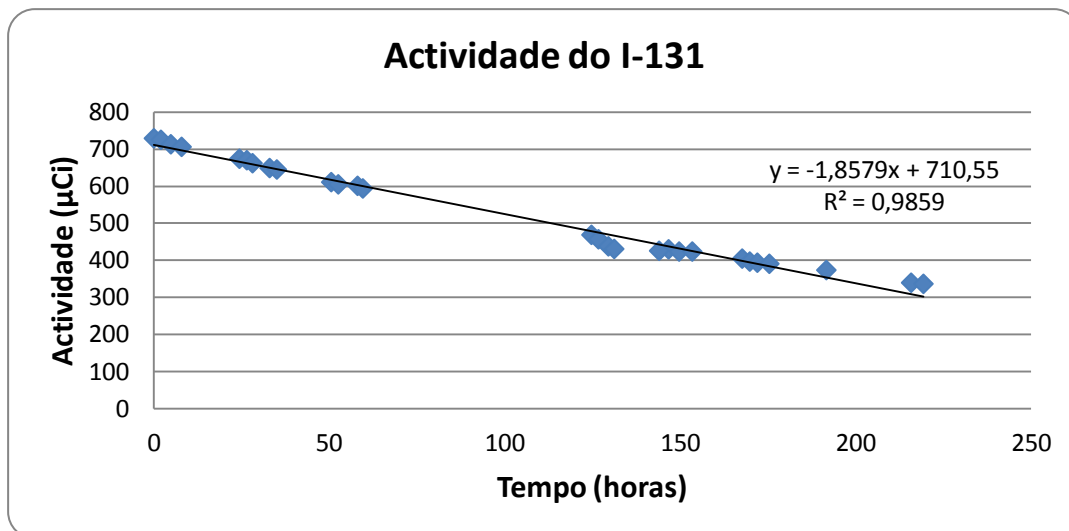


Figura 5 – Actividade do I-131 em função do tempo.

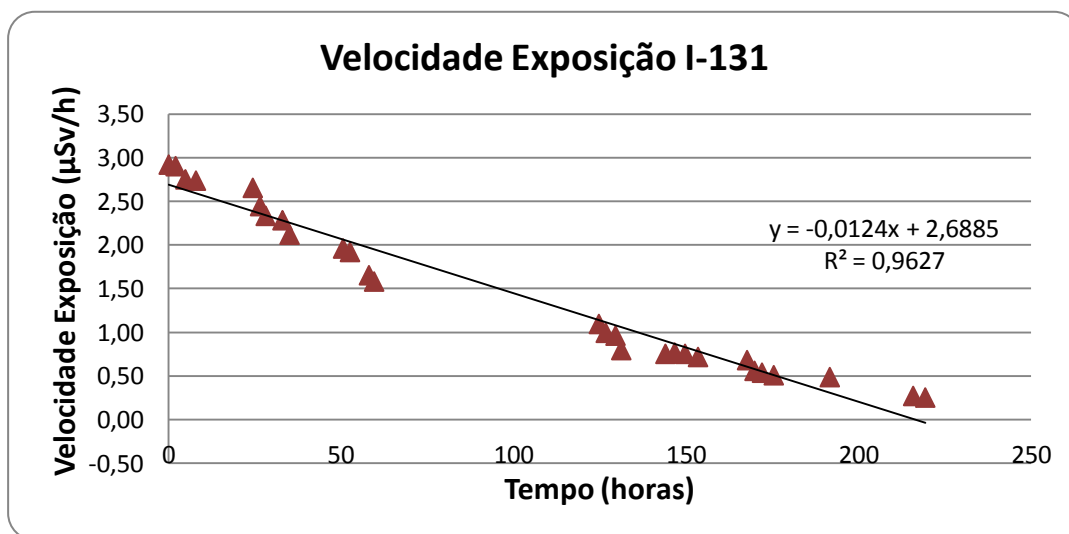


Figura 6 – Velocidade de exposição do I-131 em função do tempo.

Para determinar o tempo de semi-vida físico, foi necessário recorrer à fórmula do decaimento radioactivo:

$$A(t) = A_0 e^{-\lambda \cdot t} \quad (1) \text{ (McParland, 2010)}$$

em que λ corresponde à razão entre 0,693 e o tempo de semi-vida ($T_{1/2}$).

$$\lambda = \frac{0,693}{T_{1/2}} \quad (2)$$

Para determinar este tempo de semivida, foi necessário proceder à linearização da equação 1 de modo a conseguir transpô-la para a equação da recta. Assim, obteve-se:

$$\ln\left(\frac{A_0}{A}\right) = \lambda \cdot t \quad (3)$$

sendo equivalente a:

$$y = m \cdot t \quad (4)$$

Após a linearização e recorrendo aos valores da Tabela 1, construiu-se um gráfico para a determinação do declive da recta (Figura 7).

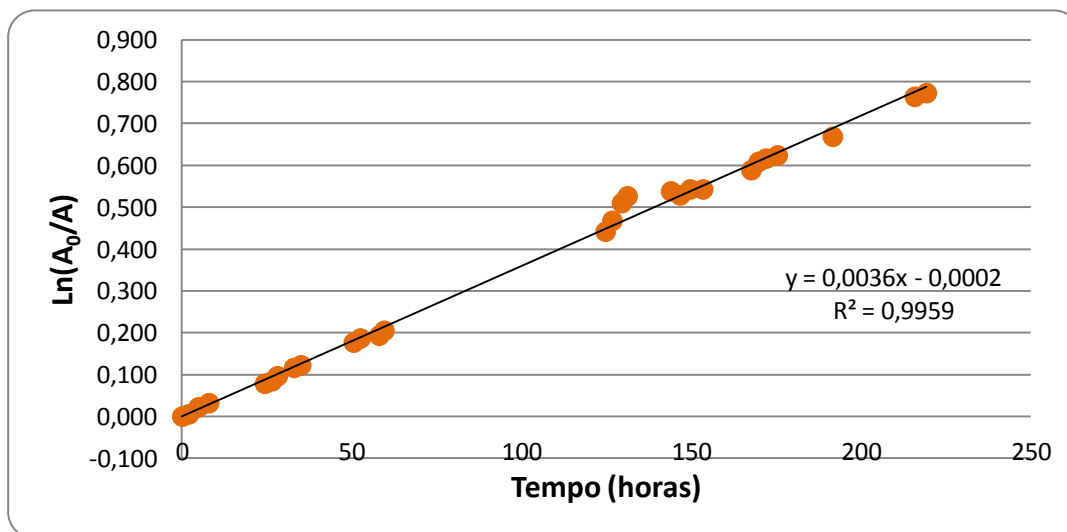


Figura 7 – Logaritmo da razão da actividade inicial com a actividade em função do tempo.

Com base na Figura 7 é possível determinar o tempo de semi-vida físico do I-131.

$$m = \lambda \Leftrightarrow m = \frac{0,693}{T_{1/2}} \Leftrightarrow T_{1/2} = \frac{0,693}{m} \Leftrightarrow \quad (5)$$

$$T_{1/2} = \frac{0,693}{0,0036} \Leftrightarrow T_{1/2} = 192,5 \text{ horas}$$

Convertendo este valor para dias, obteve-se um tempo de semi-vida físico de 8,02 dias.

Análise dos dados de cada paciente

Após a recolha dos dados relativos aos pacientes dos diferentes grupos, passou-se, de seguida, ao seu tratamento.

As medições de velocidade de exposição realizadas foram medidas durante 10 segundos, nas unidades de nSv/10s, sendo necessário a sua conversão para $\mu\text{Sv/h}$. Para tal, multiplicou-se os dados recolhidos por 360 – 6 segundos multiplicados por 60 segundos – e de seguida converteu-se para $\mu\text{Sv/h}$.

Para o cálculo dos tempos de semi-vida dos pacientes, foi necessário determinar a actividade do I-131 ao longo do tempo, para cada paciente, recorrendo à equação 6. Na Tabela 2.1 e Tabela 2.2 do Apêndice II encontram-se todas as medições realizadas nos Grupos 1 e 2.

$$\frac{\text{Velocidade Exposição inicial}}{\text{Actividade Inicial}} = \frac{\text{Velocidade Exposição nova}}{\text{Actividade Final}} \quad (6) \text{ (Thompson, 2001)}$$

Na Tabela 2 é possível verificar um exemplo de cálculo da actividade ao longo do tempo para o paciente A1, ao nível da bexiga.

Tabela 2 – Valores de velocidade de exposição e actividade referentes ao paciente A1.

Tempo (horas)	Velocidade Exposição ($\mu\text{Sv/h}$)	Actividade (mCi)	$\text{Ln}\left(\frac{A_0}{A}\right)$
0	348,5	150,0	0,00
15,5	128,2	55,2	1,00
20,2	108,7	46,8	1,16
45,5	48,0	20,7	1,98

Com os dados que constam na Tabela 2 construí-se os gráficos da actividade (Figura 8) e da velocidade de exposição (Figura 9) em função do tempo.

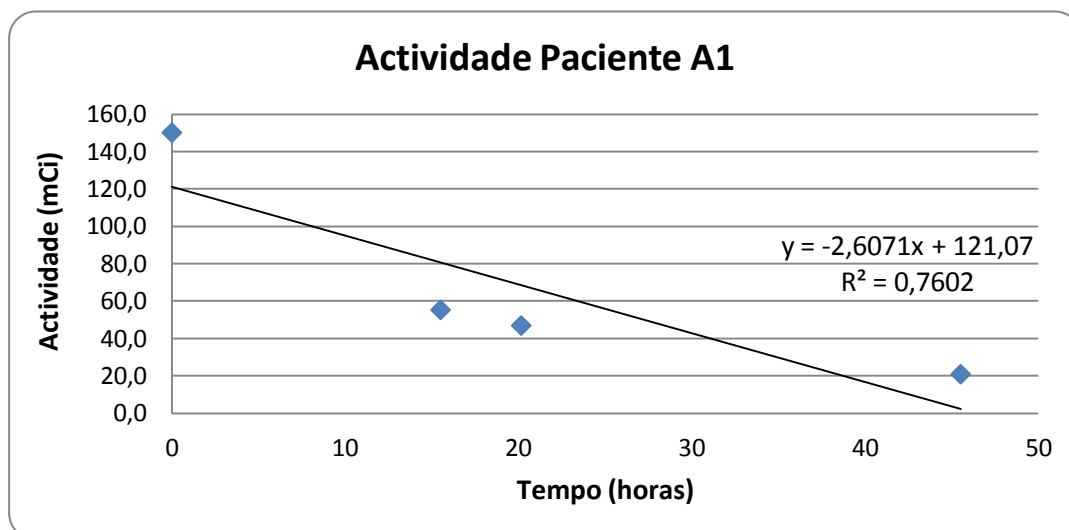


Figura 8 – Actividade em função do tempo para o paciente A1.

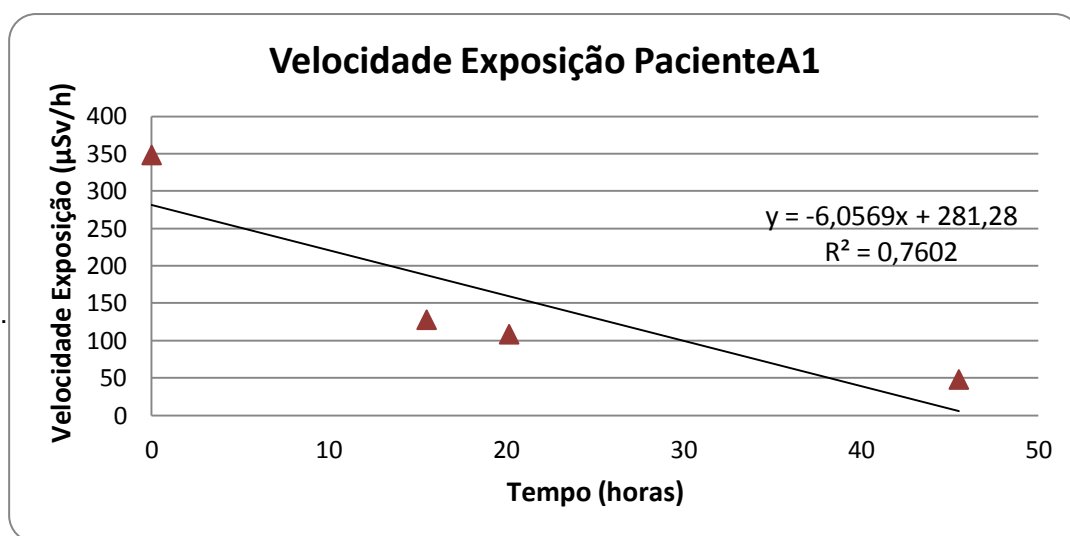


Figura 9 – Velocidade exposição em função do tempo para o paciente A1.

Construiu-se, também, um gráfico de modo a retirar o tempo de semi-vida efectivo (T_{ef}) - declive da recta, representado na Figura 10.

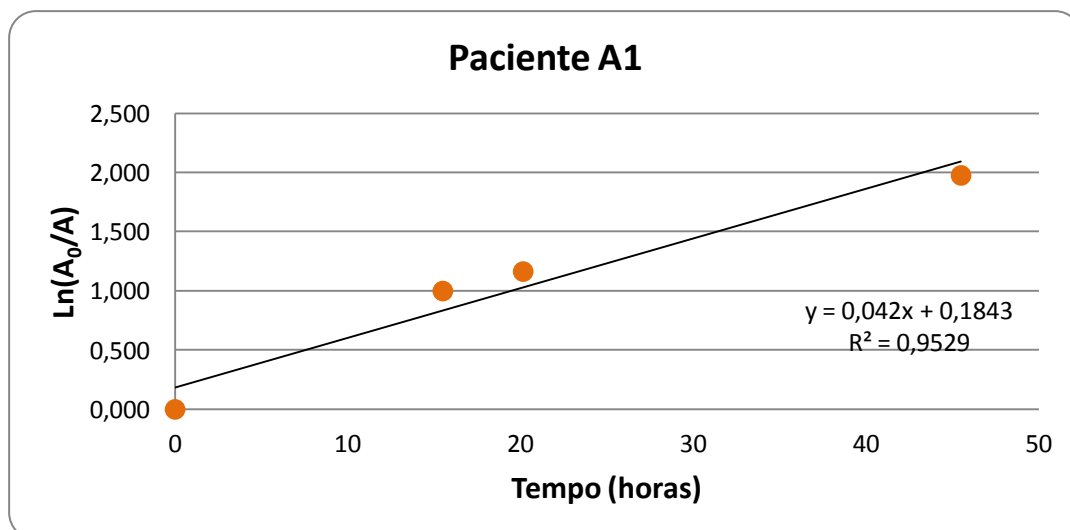


Figura 10 – Logaritmo da razão da actividade inicial com a actividade em função do tempo, para o paciente A1.

Recorrendo à equação 5 é possível retirar o tempo de semi-vida efectivo.

$$T_{1/2} = \frac{0,693}{0,0420} \Leftrightarrow T_{1/2} = 16,5 \text{ horas}$$

Convertendo o valor obtido para dias, obteve-se um valor de tempo de semi-vida efectivo de 0,69 dias.

Para o cálculo do tempo de semi-vida biológico de cada paciente, foi necessário recorrer à seguinte expressão:

$$\frac{1}{T_{\text{ef}}} = \frac{1}{T_f} + \frac{1}{T_b} \quad (7) \text{ (Hendee e Ritenour, 2002)}$$

Resolvendo em ordem ao tempo de semi-vida biológico (T_b) obtêm-se um valor de 0,75 dias, ao nível da bexiga.

De seguida realizou-se a média dos valores de tempo de semi-vida biológico obtidos para o nível da tiróide e da bexiga.

Em suporte digital, encontram-se os gráficos de todos os pacientes, como exemplificado para o paciente A1 (Apêndice III e Apêndice IV).

De modo a simplificar a análise dos dados, recorreu-se ao cálculo do Índice de Massa Corporal (IMC) para cada paciente, através da seguinte expressão:

$$\text{IMC} = \frac{\text{Peso (kg)}}{\text{Altura (m)}^2} \quad (8) \text{ (IMC, 2012)}$$

Na Tabela 3 encontram-se os tempos de semi-vida efectivo e tempos de semi-vida biológico para todos os pacientes, assim como o IMC e a quantidade de água ingerida.

Tabela 3 – Valores de tempos de semi-vida, IMC e água ingerida para cada paciente.

Grupo	Paciente	Actividade Inicial (mCi)	Tempo Semi-vida Efectivo (dias)	Tempo Semi-vida Biológico (dias)	Água (L)	IMC (kg/m ²)
1	A1	150	0,65	0,71	2,0	32,5
	A2	100	0,55	0,59	3,0	27,7
	A3	150	0,70	0,77	3,5	27,1
	A4	100	0,58	0,63	3,0	30,8
	A5	100	0,40	0,42	3,8	22,9
	A6	100	0,55	0,59	4,5	28,4
	A7	100	0,64	0,70	5,2	20,2
	A8	100	0,46	0,49	4,7	25,0
	A9	100	0,61	0,66	5,4	24,1
	A10	100	0,86	0,97	1,5	20,2
	A11	100	0,68	0,74	7,5	31,2
	A12	100	0,47	0,50	4,5	22,4
	A13	100	0,47	0,49	3,5	22,9
	A14	100	0,66	0,71	1,5	20,2
	A15	100	0,96	1,09	6,0	26,2
	A16	150	0,98	1,13	6,0	30,4
2	B1	100	0,75	0,83	4,5	25,2
	B2	150	0,59	0,64	5,5	32,4
	B3	100	0,74	0,81	7,0	36,8
	B4	100	0,44	0,46	5,7	31,2
	B5	100	0,54	0,58	9,0	34,3
	B6	100	0,50	0,53	5,8	37,2
	B7	100	0,55	0,59	5,7	30,0
	B8	100	0,40	0,42	7,3	30,8
	B9	100	0,63	0,68	5,2	30,8
	B10	150	0,50	0,53	4,3	21,4
	B11	100	0,41	0,43	4,5	29,2
	B12	100	0,53	0,56	4,5	24,2
	B13	100	0,62	0,68	6,0	33,8
	B14	150	0,46	0,49	9,0	28,0

Análise estatística dos dados recolhidos

Para a análise estatística dos dados recolhidos, primeiramente foi necessário averiguar se os dados obtidos seguiam distribuição normal, de modo a determinar qual o tipo de teste a utilizar. Assim, realizou-se um estudo à normalidade dos dados para cada dose recebida (Tabela 3 e Tabela 4).

Tabela 4 – Teste à normalidade dos dados recolhidos para dose de 100 mCi.

	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Tempo de Semi-vida Biológico (dias)	0,086	24	0,200	0,969	24	0,643

Tabela 5 - Teste à normalidade dos dados recolhidos para dose de 150 mCi.

	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Tempo de semi-vida Biológico (dias)	0,239	6	0,200	0,884	6	0,290

Uma vez que a amostra de cada grupo é inferior a 30 elementos, este estudo à normalidade é verificado através do teste de *Shapiro-Wilk*. Uma vez que o *sig* é superior a 0,05 (nível de significância) as amostras para ambas as doses seguem uma distribuição normal. Para que as amostras de referentes a 100 mCi seguissem uma distribuição normal, foi necessário realizar uma transformada destes dados, para tal recorreu-se ao logaritmo, não alterando, assim, os resultados obtidos.

Uma vez que a normalidade dos dados é positiva, utilizou-se o teste paramétrico ANOVA para determinar a existência de diferenças entre os dois grupos.

Primeiramente utilizou-se uma *Two-Way* ANOVA utilizando como variáveis o IMC e a água ingerida para comparar o Grupo 1 com o Grupo 2. Na Tabela 6 encontram-se os resultados obtidos da análise estatística para 100 mCi.

Tabela 6 – Comparação dos dois grupos utilizando o teste *Two-Way* ANOVA, para 100 mCi.

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Tempo de Semi-vida Biológico (dias)

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	0,490	4	0,122	2,325	0,094
Intercept	1,652	1	1,652	31,359	0,000
Água_ingерida	0,192	2	0,096	1,827	0,188
IMC	0,002	1	0,002	0,029	0,867
Água_ingерida * IMC	0,092	1	0,092	1,749	0,202
Error	1,001	19	0,053		
Total	7,291	24			
Corrected Total	1,491	23			

Para analisar estes resultados recorre-se ao *sig* da intersecção da água ingerida com o IMC. O *sig* foi superior a 0,10 (nível de significância estipulado), para tal é possível recorrer a uma *One-Way* ANOVA desprezando o IMC (Tabela 7).

Tabela 7 – Comparação dos dois grupos através do teste *One-Way* ANOVA, para 100 mCi.

ANOVA

Tempo de Semi-vida Biológico (dias)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	0,350	2	0,175	3,225	0,060
Within Groups	1,141	21	0,054		
Total	1,491	23			

De modo a tornar perceptível o tempo de semi-vida médio em cada grupo calculou-se a média destes tempos através da ferramenta estatística (Tabela 8).

Tabela 8 – Comparação das médias do tempo de semi-vida biológico de cada grupo para 100 mCi.

Tempo de semi-vida Biológico (dias)

Grupo	Mean	N
Grupo 1	0,661	13
Grupo 2	0,597	11

Para a análise estatística dos pacientes submetidos a terapêutica com 150 mCi procedeu-se ao mesmo método. No entanto, como a amostra é muito pequena, apenas foi possível realizar uma *One-Way* ANOVA (Tabela 9).

Tabela 9 – Comparação dos dois grupos, através do teste *One-Way* ANOVA, para 150 mCi.

ANOVA

Tempo de Semi-vida Biológico

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	0,013	2	0,006	,074	0,930
Within Groups	0,256	3	0,085		
Total	0,269	5			

Como a amostra é muito pequena realizou-se uma comparação das médias de tempo de semi-vida de cada grupo (Tabela 10).

Tabela 10 – Comparação das médias do tempo de semi-vida biológico de cada grupo para 150 mCi.

Tempo de semi-vida Biológico (dias)

Grupo	Mean	N
Grupo 1	0,871	3
Grupo 2	0,554	3

Realizou-se, também, uma análise estatística complementar, para 100 mCi, comparando os dois grupos excluindo os pacientes com doenças.

Na Tabela 11 é possível observar os dados obtidos para a análise estatística excluindo os pacientes com doenças, para 100 mCi.

Tabela 11 – Comparação dos dois grupos, através do teste *One-Way* ANOVA, para 100 mCi, excluindo os pacientes com doenças.

ANOVA

Tempo de Semi-vida Biológico (dias)

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	0,307	2	0,153	2,658	0,097
Within Groups	1,039	18	0,058		
Total	1,346	20			

Discussão

O presente estudo, permitiu analisar a velocidade de exposição ao longo do tempo, testada em diferentes cenários.

Como referido anteriormente, 75% da excreção da radiação é feita pelos rins, sendo que apenas 10% serão excretados pelas fezes (Elgazzar, 2011). Como tal, é importante salientar que, após a recolha dos primeiros dados, o protocolo experimental foi alterado. Assim, aos pacientes referentes ao Grupo 2, a administração de laxante foi interrompida, não só pela baixa percentagem de excreção pelas fezes, mas também devido à motivação do paciente e conforto deste.

Outro ponto da metodologia importante de salientar é a distribuição dos grupos. Esta distribuição, como referido na metodologia, foi realizada de um modo aleatório, no entanto, em algumas semanas em que os pacientes internados corresponderiam ao Grupo 1, estes tiveram de ser colocados no Grupo 2. Isto deveu-se ao facto de, na mesma semana, existirem mais de dois internamentos referentes a 150 mCi, permitindo, assim, reprogramar o dia da alta de modo a se concretizar os internamentos marcados. Um outro aspecto a ter em consideração foram as medições efectuadas aos pacientes. Analisando a Tabela 2.1 e Tabela 2.2 do Apêndice II é observável a existência de pacientes com menos uma medição. Tal facto deveu-se a ter sido dada alta ao paciente e este ter decidido abandonar logo as instalações. Como tal, estes pacientes possuem menos uma medição comparativamente com os restantes. No entanto, é de salientar que estas medições não interferiram para o cálculo do tempo de semi-vida.

No presente estudo, apenas se consideraram doenças renais e diabetes. Cerca de um terço da população com diabetes, possui problemas renais originados por esta doença, uma vez que a elevada concentração de açúcar no sangue pode provocar danos em muitos órgãos, entre os quais os rins (National Kidney Foundation, 2007).

De modo a proceder com a pesquisa respeitante ao efeito do efeito da hiperhidratação, foi necessário calcular o tempo de semi-vida do I-131 sem interferência do metabolismo humano. Para tal, considera-se o “*Worst case scenario*”, por outras palavras, considera-se apenas o efeito do I-131. Assim, efectuaram-se medições à actividade e à velocidade de exposição ao longo do tempo. Apesar de os valores terem sido consistentes ao longo do tempo (Tabela 1), é importante referir a existência de valores fora do normal, nomeadamente ao fim

de 153 e 164 horas – valores a negrito. Ao fim deste tempo, os valores apresentaram inconsistência, uma vez que a actividade medida foi superior ao valor anterior. Este facto pode ser explicado pela existência de material radioactivo na *hotte*, aumentando o valor de fundo desta, podendo ser observado na Figura 5, a variação da actividade ao longo do tempo. Relativamente à velocidade de exposição do I-131, é possível averiguar, na Figura 6, variações ao longo do tempo. É importante salientar, que, apesar de primeiramente se medir o valor de fundo da sala de medição antes de medir a amostra contendo I-131, existem sempre interferências do meio envolvente. Uma outra explicação, é o facto de a sonda do *Geiger-Müller* não ser focal. Isto é, a sonda utilizada capta, não só a radiação emitida pelo I-131, como também a do meio envolvente. Por fim, analisando o valor de tempo de semi-vida obtido – 8,02 dias - para o iodo radioactivo, é possível verificar que se encontra aproximado dos valores da literatura – 8,06 dias (Thrall e Ziessman, 2011).

Aquando o internamento procedeu-se às medições da velocidade de exposição da radiação a três zonas do corpo: ao nível da tiróide, ao nível da bexiga e por fim ao nível dos membros inferiores. Estas medições permitiram averiguar os níveis de radiação emitida pelo paciente ao longo de todo o corpo. Ao nível da tiróide é onde haverá captação do I-131, permitindo observar o grau de captação. Ao nível da bexiga é onde existirá acumulação do I-131, uma vez que a radiação existente é excretada, na sua maioria, pela urina, sendo este o valor de referência aquando a saída do paciente, que, normalmente, corresponde ao valor mais elevado registado. O valor de referência aquando a saída do paciente deve ser o valor de velocidade de exposição mais elevado registado no paciente (Comissão Europeia, 1998). Por fim, a medição ao nível dos membros inferiores serve de controlo, ou seja, indica a radiação existente no resto do corpo, exceptuando a bexiga e a tiróide, normalmente este valor é relativamente baixo comparativamente com as duas restantes zonas. Como referido anteriormente, a sonda do *Geiger-Müller* não era focal, como tal, é importante referir que durante as medições às diferentes zonas, pode ter havido interferência da zona da bexiga nos valores das restantes zonas. Para o presente estudo apenas foram utilizados os valores de velocidade de exposição ao nível da tiróide e da bexiga, uma vez que são os pontos quentes, ou seja, são os pontos onde existe acumulação do I-131. É de salientar que o coração também é um órgão de acumulação da radiação.

Analisando a Figura 8 e a Figura 9 e sobrepondo estas mesmas figuras, é possível constatar que as rectas da actividade e da velocidade em função do tempo para o paciente A1 são paralelas. Este facto acontece para todos os pacientes (Apêndice III). Assim, e com base neste facto, é possível averiguar a aplicabilidade

da equação 6 para o cálculo da actividade ao longo do tempo, mostrando que existe relação entre a velocidade de exposição e a actividade. Observando os valores de tempo de semi-vida biológico da Tabela 3 é verificável que o tempo de semi-vida no Grupo 2 é, na sua maioria, inferior ao Grupo 1. Uma vez que se pretende demonstrar a influência da água na excreção da radiação, é expectável que o tempo de semi-vida biológico do Grupo 2 seja inferior ao grupo de controlo.

Para a análise estatística dos resultados foi necessário simplificar as variáveis existentes. Assim, a idade dos pacientes foi desprezada uma vez que não interfere com a excreção. Um factor que poderia interferir é o metabolismo de cada paciente mas, como é uma variável difícil de quantificar, para o presente estudo apenas se considerou o peso e a altura. Neste último caso recorreu-se ao cálculo do IMC de modo a simplificar a análise estatística. Ambas as amostras – 100 mCi e 150 mCi – seguem distribuição normal, uma vez que o nível de significância foi superior a 0,05 (Tabela 4 e Tabela 5). No entanto, e para a amostra de 100 mCi foi necessário recorrer a uma transformada dos dados de modo a obter uma distribuição normal.

Relativamente à análise dos dados recolhidos para 100 mCi, foi necessário, primeiramente, realizar o teste paramétrico recorrendo às duas variáveis em estudo – IMC e água ingerida (Tabela 6). Observando os valores de significância - 0,202 – é possível constatar que não existe diferenças significativas nos dois grupos, uma vez que o nível de significância é superior a 0,10. Assim, é possível desprezar, neste caso, a variável IMC, uma vez que, a sua interacção com a água não produz efeitos significativos nos valores de tempo de semi-vida biológico. É possível, então, realizar um teste paramétrico só com a água ingerida como variável (Tabela 7). Neste teste, verifica-se que a água ingerida pelo paciente tem efeitos significativos no tempo de semi-vida, uma vez que o valor de significância – 0,060 – é inferior a 0,10 (nível de confiança). Assim, é possível afirmar que, ingerindo, no mínimo três litros de água por dia durante o internamento, que é possível reduzir significativamente o tempo de internamento. Em alguns casos, os pacientes encontravam-se abaixo do limite legal ou próximo deste ao fim de 20 horas, aproximadamente, após a ingestão da cápsula.

De modo a verificar a diferença entre os tempos de semi-vida biológico dos dois grupos, realizou-se uma comparação das médias destes valores (Tabela 8), sendo possível observar que os tempos de semi-vida médios é, aproximadamente, de 0,66 e 0,59, para o Grupo 1 e Grupo 2, respectivamente.

No que diz respeito aos dados recolhidos da dose administrada de 150 mCi, é importante salientar que a amostra recolhida foi reduzida. Observando a Tabela 9, é possível verificar que o nível de significância obtido – 0,930 – foi superior a 0,10, indicando que a água ingerida não tem efeito no tempo de internamento. Este acontecimento pode dever-se à reduzida amostra recolhida. No entanto, analisando caso a caso (Tabela 3), é possível verificar que os tempos de semi-vida biológico do Grupo 2 são inferiores comparativamente com o Grupo 1. Realizando a média destes tempos de semi-vida (Tabela 10) é observável que existe uma diminuição, ainda que significativa, do tempo de semi-vida do Grupo 2 face ao Grupo 1, indicando que a ingestão de, pelo menos três litros de água por dia de internamento, tem impacto no tempo de internamento.

Com os dados recolhidos, idealmente deveria ser realizada uma análise estatística compreendendo apenas os pacientes com doenças, de modo a averiguar a vantagem de submeter estes pacientes a uma hiperhidratação. No entanto, a amostra recolhida não foi suficiente para realizar esta análise estatística.

Foi, realizado, também, um estudo complementar, de modo a verificar a influência da água só nos pacientes com ausência de doenças – diabetes e renais - uma vez que, como referido anteriormente, não foi possível realizar um estudo estatístico nos pacientes com doenças. Assim, analisando o valor de significância (Tabela 11) obtido – 0,097 – constata-se que a água tem efeitos significativos no tempo de semi-vida biológico, uma vez que este valor é inferior a 0,10 (nível de significância).

Para todas as análises estatísticas presentes neste estudo, a motivação foi uma variável, que apesar de não ser passível de ser quantificada, está presente, uma vez que nem todos os pacientes possuem a mesma motivação para beber os litros de água pretendidos. O mesmo acontece, aquando o protocolo experimental, uma vez que nem todos os pacientes se encontravam receptivos, nem agradados, com a sugestão de tomar um laxativo por cada dia de internamento.

Com o presente estudo, foi possível não só avaliar a influência da água no tempo de semi-vida biológico, mas também verificar, nas instalações da realização do estudo, a aplicabilidade das medidas de segurança existentes na literatura.

Como referido anteriormente, existem medidas de segurança e protecção a aplicar nos quartos de isolamento. No entanto, nem sempre a sua aplicabilidade é facilitada. Segundo a literatura, todos os objectos existentes no quarto de isolamento devem ser cobertos por um plástico (Thompson, 2001). Após a recolha

dos dados e uma observação cuidada, foi possível apurar que estas sugestões presentes na literatura, não são de todo aplicáveis, uma vez que todas estas restrições podem tornar-se obstáculos e não medidas de radioprotecção. Seria, assim, necessário a existência de mais salas de decaimento para abranger todos os resíduos recolhidos durante 90 dias (Thompson, 2001), aumentando, também, os desperdícios. Outro ponto existente na literatura é a proibição de objectos pessoais e roupa do paciente durante todo o internamento (Thompson, 2001). É de referir que este aspecto pode ser contornado, desde que o paciente lave a sua roupa em separado na sua chegada a casa (Anónimo, 2008). Relativamente aos objectos pessoais, estes permitem que o paciente possua um tempo de internamento mais tranquilo e mais acolhedor.

Conclusões gerais

Após a análise dos dados, é possível retirar algumas conclusões acerca deste estudo.

Primeiramente é possível concluir que, em doses administradas de 100 mCi e submetendo os pacientes a uma hiperhidratação, o tempo de internamento pode ser reduzido de 48 horas para, aproximadamente, 15 horas.

Em relação à amostra referente a 150 mCi, apesar de esta amostra ser muito reduzida, é possível verificar, através das médias dos dois grupos, que o tempo de semi-vida é reduzido com a ingestão da água sugerida.

Concluindo, é possível constatar que estimulação do sistema urinário tem efeitos significativos no tempo de internamento, podendo, assim, diminuir os dias de internamento nas instalações, reduzindo, conseqüentemente, os custos de internamento. Poderia, também, ser tomado em consideração o aumento do número de internamentos, de 100 mCi, por semana.

Trabalho futuro

O tempo de investigação deste trabalho, apesar de suficiente para retirar as conclusões anteriormente descritas, não permitiu estudar alguns aspectos interessantes de serem analisados.

Primeiramente, seria vantajoso realizar um estudo com adequação da hidratação à função renal de cada paciente, em particular nos doentes com insuficiência renal, uma vez que a sobrecarga hídrica é contra-indicada em pacientes com problemas renais.

Por motivos de logística e de tempo não foi possível comparar os resultados obtidos, em condições de hiperhidratação oral e estimulação fecal, com a estimulação renal recorrendo a diuréticos. Este estudo seria interessante de ser realizado, uma vez que permitiria averiguar a vantagem de uma estimulação através de diuréticos em vez da hiperhidratação oral. Apesar do desconforto causado aos pacientes, poderia, também, ser avaliada a hidratação intravenosa em todos os pacientes.

Futuramente, seria, também, interessante realizar uma nova recolha de dados de modo a avaliar o internamento e os resultados para casos com doses de terapêutica mais elevados, nomeadamente 150 mCi ou superiores.

Por fim, e uma vez que o protocolo experimental foi alterado, seria vantajoso realizar o mesmo estudo do presente trabalho com a estimulação do tracto gastrointestinal recorrendo a laxativos.

Referências Bibliográficas

- ALOKA. 2012. "Personal Dosimeters PDM-313". Disponível: <http://www.hitachi-alka.co.jp/english/products/data/radiation-003-PDM-313> [data de consulta: 02/22/2012].
- Anónimo. 2008. Dossier De Patologia Doenças Da Tiróide. Disponível: http://medicosdeportugal.saude.sapo.pt/content_files/cms/pdf/pdf_1f71e393b3809197ed66df836fe833e5.pdf [Outubro 2011].
- Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency (ARPANSA). 2008. Safety Guide for Radiation Protection in Nuclear Medicine. Radiation Protection Series nº 14.2.
- Bastos, A. L., [s.d.]. Terapêutica do Cancro da Tiróide com Iodo Radioactivo. Recomendações sobre Técnicas Cintigráficas em Oncologia: do Diagnóstico à Terapêutica. Grupo de Estudos de Oncologia. Sociedade Portuguesa de Medicina Nuclear.
- Biersack, H. J., Freeman, L. M. 2007. Clinical Nuclear Medicine. Springer.
- Biostad. 2012. "Fluke Victoreen 190F". Disponível: http://www.biostad.com/product.aspx?id=392316&desc=Fluke_Victoreen_190F_Area_Monitor___Frisker_Count_Rate_Meter [data de consulta: 02/22/2012]
- Bolus, N. E. 2008. Review of Common Occupational Hazards and Safety Concerns for Nuclear Medicine Technologists. Journal of Nuclear Medicine Technology, 36 (1): 11-17.
- Braverman, L. E., Utiger, R. D. 1991. Werner and Ingbar's The Thyroid: A Fundamental and Clinical Text, Sixth Edition. J.B. Lippincott Company. Philadelphia
- Brenner, W., Eary, J. F. 2007. Nuclear Medicine Therapy. Informa Healthcare. New York. Páginas: 212.
- Comissão Europeia. 1998. Radiation Protection following iodine-131 therapy.
- Diário da República. 2008. Decreto-Lei n.º 222/2008 de 17 de Novembro
- Early, P. J., Sodee, D. B. 1995. Principles and Practice of Nuclear Medicine, Second edition. Mosby.
- Elgazzar, A. 2011. A Concise Guide to Nuclear Medicine. Springer. Berlim. Páginas: 176
- Flower, M. 1998. Dosimetric considerations. In: Nuclear Medicine in Clinical Diagnosis and Treatment. Second edition Vol 2 (Murray, I. P. C, Ell, P. J.). Churchill Livingstone.

- Hendee, W. R., Ritenour, E. R. 2020. Medical Imaging Physics, Fourth Edition. JOHN WILEY & SONS, INC. New York.
- IAEA - International Atomic Energy Agency. 2006. Nuclear Medicine Resources Manual. Viena.
- IAEA - International Atomic Energy Agency. [s.d.]. Radiation Protection In Nuclear Medicine: Optimization Of Medical Exposure. Therapeutic procedures.
- ICRP - International Commission on Radiological Protection, 2004. Release of Patients after Therapy with Unsealed Radionuclides. International Commission on Radiological Protection. Publication 94. Vol 34(2).Disponível: <http://www.icrp.org/publication.asp?id=ICRP%20Publication%2094>. [Outubro 2011].
- Índice de Massa Corporal. Fevereiro 2012. Disponível: http://pt.wikipedia.org/wiki/%C3%8Dndice_de_massa_corporal [data de consulta: 02/05/2012]
- Kowalsky, R. J., Falen, S. W. 2004. Radiopharmaceutical in Nuclear Pharmacy and Nuclear Medicine, Second edition. American Phannacists Association
- Lombardi, M. H. 2007. Radiation Safety in Nuclear Medicine, Second Edition. Taylor & Francis Group.
- Magill, J., Galy, J. 2005. Radioactivity Radionuclides Radiation. Springer. New York.
- McParland, B. J. 2010. Nuclear Medicine Radiation Dosimetry - Advanced Theoretical Principles. Springer. United Kingdom.
- Mettler, F. A., Guiberteau, M. J. 2006. Essentials of Nuclear Medicine Imaging, Fifth edition. Saunders Elsevier.
- National Kidney Foundation. 2007. Diabetes and Chronic Kidney Disease. New York.
- Panzegrau, B., Gordon, L., Goundy, G. H. 2005. Outpatient Therapeutic I-131 for Thyroid Cancer. Journal of Nuclear Medicine Technology, 33 (1): 28-30.
- Parthasarathy, K. L., Crawford, E. S. 2002. Treatment of Thyroid Carcinoma: Emphasis on High-Dose I-131 Outpatient Therapy. Journal of Nuclear Medicine Technology 30 (4):165-171
- Podforsak, E. B. 2003. Review of Radiation Oncology Physics A Handbook for Teachers and Students. International Atomic Energy Agency. Austria
- Radiation and Nuclear Safety Authority (STUK). 2003. USE OF RADIATION IN NUCLEAR MEDICINE: GUIDE ST 6.3. Finland.

- Seeley, R. R, Stephens, T. D., Tate, P. 2004. Anatomia & Fisiologia. Sexta Edição. Lusociência.
- Sharp, P. F., Gemmell, H. G., Murray, A. D. 2005. Practical Nuclear Medicine, Third edition. Springer.
- Thompson, M. A. 2001. Radiation Safety Precautions in the Management of the Hospitalized ¹³¹I Therapy Patient. Journal of Nuclear Medicine Technology 29 (2): 61-66.
- Trall, J. H., Ziessman, H. A., 2011. Nuclear Medicine: The Requisites, Second edition. Mosby.
- Ziessman, H. A., O'Malley, J. P., Thrall, J. H. 2006. Nuclear Medicine: The Requisites, Third Edition. Mosby.

Apêndices

Apêndice I

Tabela 1.1 – Estudo do I-131 ao longo do tempo.

Tempo (h)	Actividade (μCi)	Actividade (mCi)	Velocidade Exposição I-131 (nSv/h)	Velocidade Exposição Fundo (nSv/h)	Velocidade Exposição (nSv/h)	Velocidade Exposição (μSv/h)	$\ln\left(\frac{A}{A_0}\right)$
0	728	0,728	8,52	0,40	8,12	2,92	-0,094
2	724	0,724	8,67	0,60	8,07	2,91	-0,100
4,83	712	0,712	8,35	0,70	7,65	2,75	-0,117
7,9	705	0,705	8,11	0,50	7,61	2,74	-0,126
24,38	673	0,673	7,73	0,35	7,38	2,66	-0,173
26,49	669	0,669	7,10	0,30	6,80	2,45	-0,179
28,12	661	0,661	6,79	0,30	6,49	2,34	-0,191
32,98	648	0,648	6,65	0,30	6,35	2,29	-0,211
35,04	644	0,644	6,09	0,20	5,89	2,12	-0,217
50,55	610	0,610	5,70	0,25	5,45	1,96	-0,271
52,55	604	0,604	5,59	0,25	5,34	1,92	-0,281
58,05	600	0,600	4,90	0,30	4,60	1,66	-0,288
59,55	593	0,593	4,70	0,30	4,40	1,58	-0,299
124,71	468	0,468	3,25	0,20	3,05	1,10	-0,536
126,71	456	0,456	3,07	0,30	2,77	1,00	-0,562
129,54	437	0,437	5,90	3,22	2,68	0,96	-0,605
131,2	430	0,430	6,90	4,68	2,22	0,80	-0,621
146,7	429	0,429	3,90	1,76	2,14	0,77	-0,623
149,7	423	0,423	3,70	1,60	2,10	0,76	-0,637
153,45	423	0,423	3,60	1,60	2,00	0,72	-0,637
144	425	0,425	3,20	1,10	2,10	0,76	-0,633
167,68	404	0,404	2,90	1,00	1,90	0,68	-0,683
169,84	396	0,396	2,11	0,55	1,56	0,56	-0,703
172	393	0,393	2,10	0,60	1,50	0,54	-0,711
175,41	390	0,390	6,10	4,68	1,42	0,51	-0,718
191,66	373	0,373	3,37	2,01	1,36	0,49	-0,763
215,83	339	0,339	2,82	2,06	0,76	0,27	-0,859
219,33	336	0,336	2,07	1,36	0,71	0,26	-0,868

Apêndice II

Tabela 2.1 – Medições realizadas para cada paciente referente ao Grupo 1.

Paciente	Idade	Peso (kg)	Altura (cm)	Doenças	Dose (mCi)	Água ingerida (L)	Dia internamento	Tempo (horas)	Medição Tiróide (nSv/10s)	Medição Tiróide (µSv/h)	Medição Bexiga (nSv/10s)	Medição Bexiga (µSv/h)	Medição M. Inf. (nSv/10s)	Medição M. Inf. (µSv/h)
A1	52	78	155	Diabetes, Hipertensão	150	2	1	0	1080	388,8	968	348,48	699	251,64
							2	15,5	596	214,56	356	128,16	376	135,36
								20,15	239	86,04	302	108,72	266	95,76
3	45,5	133	47,88	134	48,24	90	32,4							
A2	52	70	159	----	100	3	1	0	754	271,44	644	231,84	570	205,2
							2	15,5	361	129,96	409	147,24	266	95,76
								19,9	205	73,8	232	83,52	197	70,92
3	44,2	72	25,92	80	28,8	70	25,2							
A3	62	83	175	----	150	3,5	1	0	1490	536,4	980	352,8	749	269,64
							2	16,46	550	198	526	189,36	470	169,2
								20,84	473	170,28	510	183,6	490	176,4
							3	41,44	201	72,36	213	76,68	190	68,4
								44,6	190	68,4	210	75,6	180	64,8
48,11	145	52,2	148	53,28	130	46,8								

Paciente	Idade	Peso (kg)	Altura (cm)	Doenças	Dose (mCi)	Água ingerida (L)	Dia internamento	Tempo (horas)	Medição Tiróide (nSv/10s)	Medição Tiróide (µSv/h)	Medição Bexiga (nSv/10s)	Medição Bexiga (µSv/h)	Medição M. Inf. (nSv/10s)	Medição M. Inf. (µSv/h)
A4	46	74	155	----	100	3	1	0	802	288,72	726	261,36	580	208,8
							2	16,18	219	78,84	262	94,32	242	87,12
								20,26	186	66,96	225	81	190	68,4
							3	40,31	102	36,72	108	38,88	90,2	32,472
								43,61	63	22,68	79	28,44	65	23,4
							A5	32	58	159	----	100	3,83	1
2	16,11	192	69,12	215	77,4	178								64,08
	20,24	94,3	33,948	114	41,04	92								33,12
3	40,4	28	10,08	37	13,32	32								11,52
	43,58	26	9,36	32	11,52	30								10,8
A6	69	64	150	----	100	4,49								1
							2	17	165	59,4	184	66,24	173	62,28
								20,53	155	55,8	175	63	145	52,2
							3	41	58	20,88	60	21,6	57	20,52
								44,41	50	18	52	18,72	48	17,28
							A7	40	69	185	----	100	5,16	1
2	16,75	490	176,4	436	156,96	280								100,8
	20,75	390	140,4	338	121,68	190								68,4
3	40,41	158	56,88	142	51,12	103								37,08
	43,74	150	54	136	48,96	97								34,92

Paciente	Idade	Peso (kg)	Altura (cm)	Doenças	Dose (mCi)	Água ingerida (L)	Dia internamento	Tempo (horas)	Medição Tiróide (nSv/10s)	Medição Tiróide (µSv/h)	Medição Bexiga (nSv/10s)	Medição Bexiga (µSv/h)	Medição M. Inf. (nSv/10s)	Medição M. Inf. (µSv/h)
A8	34	60	155	----	100	4,65	1	0	906	326,16	856	308,16	506	182,16
							2	16	313	112,68	320	115,2	236	84,96
								19,5	236	84,96	233	83,88	180	64,8
							3	41,08	60	21,6	65	23,4	56	20,16
								44,41	53	19,08	60	21,6	53	19,08
							A9	50	68	168	----	100	5,4	1
2	16,33	295	106,2	332	119,52	315								113,4
	20,33	280	100,8	291	104,76	271								97,56
3	41,33	125	45	105	37,8	83								29,88
	44,33	70	25,2	78	28,08	43								15,48
A10	40	53	162	----	100	1,5								1
							2	16,33	252	90,72	300	108	252	90,72
								20,33	250	90	282	101,52	270	97,2
							3	40,33	170	61,2	187	67,32	125	45
								43,91	120	43,2	117	42,12	115	41,4
							A11	55	85	165	Hipertensão	100	7,5	1
2	16,33	267	96,12	270	97,2	234								84,24
	20,33	200	72	240	86,4	202								72,72
3	40,33	74	26,64	84	30,24	61								21,96

Paciente	Idade	Peso (kg)	Altura (cm)	Doenças	Dose (mCi)	Água ingerida (L)	Dia internamento	Tempo (horas)	Medição Tiróide (nSv/10s)	Medição Tiróide (µSv/h)	Medição Bexiga (nSv/10s)	Medição Bexiga (µSv/h)	Medição M. Inf. (nSv/10s)	Medição M. Inf. (µSv/h)
A12	35	61	165	----	100	4,5	1	0	499	179,64	505	181,8	434	156,24
							2	17	252	90,72	260	93,6	190	68,4
								19,33	143	51,48	152	54,72	117	42,12
3	40,83	35	12,6	49	17,64	39	14,04							
A13	44	63	166	----	100	3,5	1	0	665	239,4	705	253,8	670	241,2
							2	17	150	54	163	58,68	140	50,4
								19,33	114	41,04	117	42,12	92	33,12
3	40,83	49	17,64	55	19,8	50	18							
A14	68	55	165	----	100	1,5	1	0	456	164,16	480	172,8	310	111,6
							2	17,33	253	91,08	300	108	250	90
								20,75	132	47,52	160	57,6	140	50,4
3	42	73	26,28	80	28,8	73	26,28							
A15	57	73	167	----	100	6	1	0	365	131,4	368	132,48	284	102,24
							2	17,33	256	92,16	345	124,2	290	104,4
								20,5	183	65,88	202	72,72	140	50,4
3	40,75	102	36,72	122	43,92	92	33,12							

Paciente	Idade	Peso (kg)	Altura (cm)	Doenças	Dose (mCi)	Água ingerida (L)	Dia internamento	Tempo (horas)	Medição Tiróide (nSv/10s)	Medição Tiróide (µSv/h)	Medição Bexiga (nSv/10s)	Medição Bexiga (µSv/h)	Medição M. Inf. (nSv/10s)	Medição M. Inf. (µSv/h)
A16	59	73	155	Diabetes	150	6	1	0	1100	396	850	306	780	280,8
							2	16,41	690	248,4	727	261,72	720	259,2
								20,41	490	176,4	552	198,72	550	198
							3	41,41	396	142,56	390	140,4	377	135,72
								44,66	276	99,36	322	115,92	290	104,4
							4	66,24	145	52,2	146	52,56	89	32,04
69,24	126	45,36	130	46,8	100	36								

Tabela 2.2 – Medições realizadas para cada paciente referente ao Grupo 2.

Paciente	Idade	Peso (kg)	Altura (cm)	Doenças	Dose (mCi)	Água ingerida (L)	Dia internamento	Tempo (horas)	Medição Tiroide (nSv/10s)	Medição Tiroide (µSv/h)	Medição Bexiga (nSv/10s)	Medição Bexiga (µSv/h)	Medição M. Inf. (nSv/10s)	Medição M. Inf. (µSv/h)
B1	40	67	163	----	100	4,5	1	0	670	241,2	710	255,6	551	198,36
							2	16,42	290	104,4	300	108	220	79,2
								20,58	209	75,24	232	83,52	219	78,84
							3	41,58	120	43,2	130	46,8	94,4	33,984
44,91	113	40,68	115	41,4	81,4	29,304								
B2	43	73	150	----	150	5,5	1	0	1010	363,6	890	320,4	690	248,4
							2	16,5	311	111,96	364	131,04	294	105,84
								20,66	298	107,28	308	110,88	274	98,64
							3	41,99	91,3	32,868	100	36	98	35,28
45,41	90	32,4	93	33,48	88	31,68								
B3	49	122	182	Diabetes	100	7	1	0	625	225	690	248,4	434	156,24
							2	16,33	314	113,04	350	126	252	90,72
								20,33	290	104,4	310	111,6	237	85,32
							3	41,49	130	46,8	149	53,64	102	36,72
44,74	103	37,08	108	38,88	100	36								

Paciente	Idade	Peso (kg)	Altura (cm)	Doenças	Dose (mCi)	Água ingerida (L)	Dia internamento	Tempo (horas)	Medição Tiroide (nSv/10s)	Medição Tiroide (µSv/h)	Medição Bexiga (nSv/10s)	Medição Bexiga (µSv/h)	Medição M. Inf. (nSv/10s)	Medição M. Inf. (µSv/h)
B4	56	77	157	----	100	5,66	1	0	450	162	520	187,2	434	156,24
							2	16,16	202	72,72	210	75,6	178	64,08
								20,33	114	41,04	130	46,8	129	46,44
							3	41,41	28	10,08	32	11,52	30	9,72
44,49	25	9	30	10,8	27	10,8								
B5	62	90	162	----	100	9	1	0	998	359,28	890	320,4	660	237,6
							2	16,33	277	99,72	301	108,36	290	104,4
								20,33	240	86,4	265	95,4	180	64,8
							3	41,33	93	33,48	90	32,4	83	29,88
44,33	85	30,6	86	30,96	78	28,08								
B6	45	100	164	----	100	5,82	1	0	599	215,64	631	227,16	499	179,64
							2	17,5	196	70,56	254	91,44	201	72,36
								20,75	178	64,08	225	81	170	61,2
							3	41,58	52	18,72	58	20,88	42	15,12
B7	42	73	156	----	100	5,73	1	0	752	270,72	797	286,92	503	181,08
							2	16	285	102,6	315	113,4	235	84,6
								20,33	231	83,16	240	86,4	196	70,56
							3	41	75	27	84	30,24	66	23,76
44,41	73	26,28	78	28,08	59	21,24								

Paciente	Idade	Peso (kg)	Altura (cm)	Doenças	Dose (mCi)	Água ingerida (L)	Dia internamento	Tempo (horas)	Medição Tiroide (nSv/10s)	Medição Tiroide (µSv/h)	Medição Bexiga (nSv/10s)	Medição Bexiga (µSv/h)	Medição M. Inf. (nSv/10s)	Medição M. Inf. (µSv/h)
B8	60	75	156	----	100	7,32	1	0	538	193,68	593	213,48	498	179,28
							2	16,5	189	68,04	181	65,16	148	53,28
								20,33	126	45,36	130	46,8	111	39,96
							3	41,66	27	9,72	28	10,08	25	9
B9	41	90	171	----	100	5,16	1	0	478	172,08	438	157,68	390	140,4
							2	16,66	209	75,24	219	78,84	175	63
								20,66	150	54	140	50,4	139	50,04
							3	41,49	78	28,08	68	24,48	53	19,08
B10	54	52	156	----	150	4,32	1	0	777	279,72	868	312,48	768	276,48
							2	16,66	219	78,84	280	100,8	220	79,2
								20,66	150	54	180	64,8	177	63,72
							3	41,49	80	28,8	67	24,12	63	22,68
B11	36	73	158	----	100	4,5	1	0	395	142,2	390	140,4	368	132,48
							2	16,33	120	43,2	130	46,8	125	45
								20,33	72	25,92	82	29,52	77	27,72
							3	40,33	21	7,56	25	9	17	6,12

Paciente	Idade	Peso (kg)	Altura (cm)	Doenças	Dose (mCi)	Água ingerida (L)	Dia internamento	Tempo (horas)	Medição Tiroide (nSv/10s)	Medição Tiroide (μ Sv/h)	Medição Bexiga (nSv/10s)	Medição Bexiga (μ Sv/h)	Medição M. Inf. (nSv/10s)	Medição M. Inf. (μ Sv/h)
B12	56	62	160	----	100	4,5	1	0	604	217,44	699	251,64	604	217,44
							2	17	252	90,72	305	109,8	300	108
								19,33	150	54	172	61,92	140	50,4
3	40,83	68	24,48	72	25,92	64	23,04							
B13	61	91	164	Hipertensao, Problema renal	100	6	1	0	619	222,84	740	266,4	637	229,32
							2	17	291	104,76	295	106,2	235	84,6
								20,66	204	73,44	214	77,04	170	61,2
3	42,33	97	34,92	93	33,48	82	29,52							
B14	73	70	158	Diabetes	150	9	1	0	920	331,2	952	342,72	784	282,24
							2	18,92	251	90,36	305	109,8	280	100,8
								22,92	163	58,68	201	72,36	160	57,6
3	43,75	53	19,08	69	24,84	55	19,8							

Apêndice III

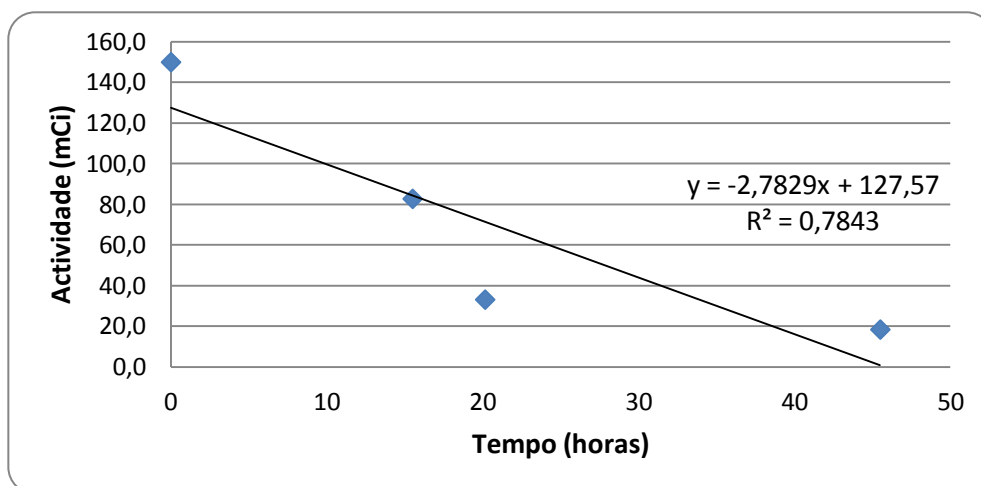


Figura 3.1 – Actividade em função do tempo para o paciente A1, zona da tiróide.

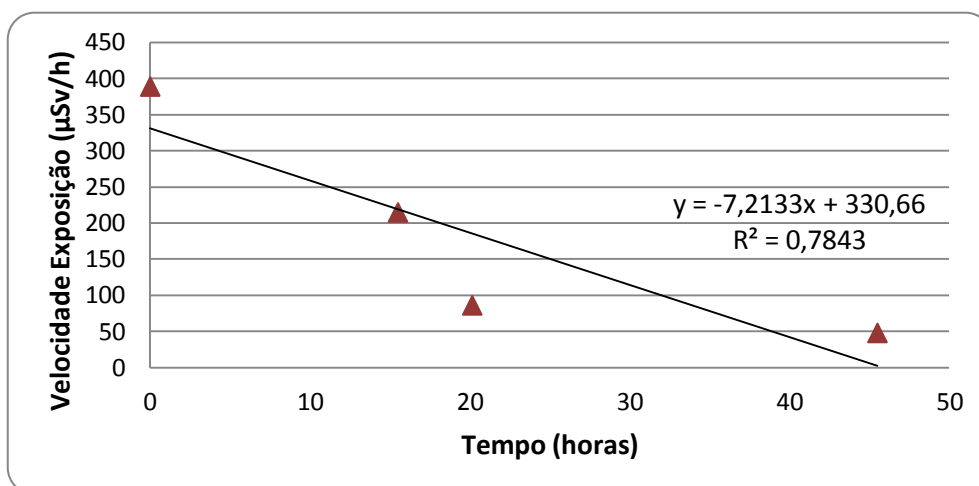


Figura 3.2 – Velocidade exposição em função do tempo para o paciente A1, zona da tiróide.

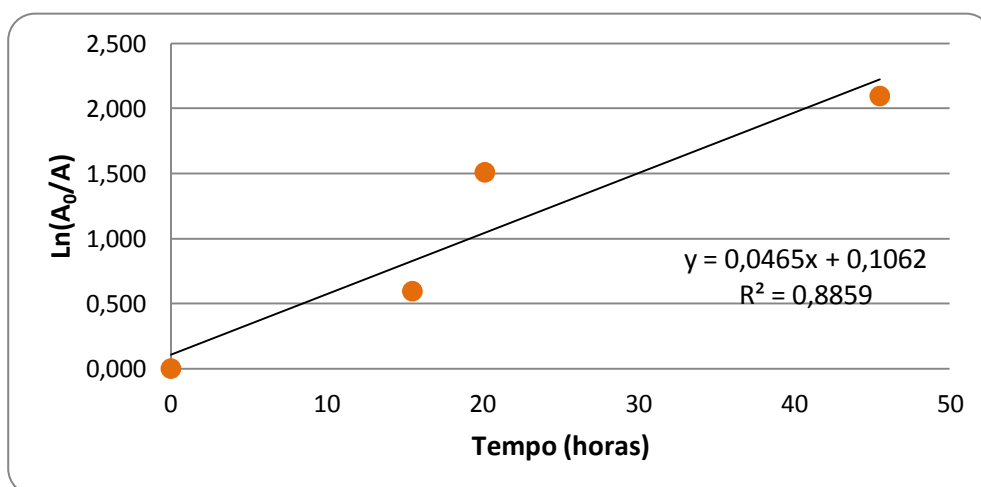


Figura 3.3 – Logaritmo da razão da actividade inicial com a actividade em função do tempo, para o paciente A1, zona da tiróide.

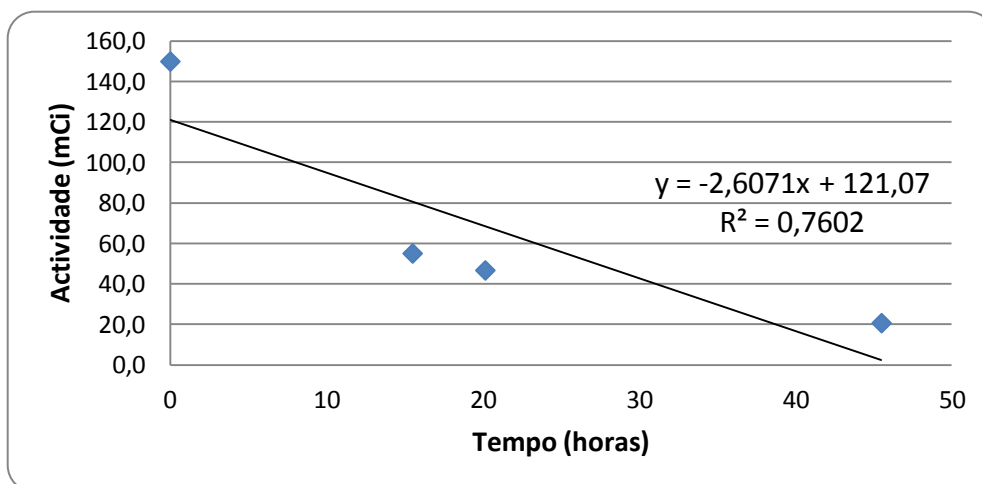


Figura 3.4 – Actividade em função do tempo para o paciente A1, zona da bexiga.

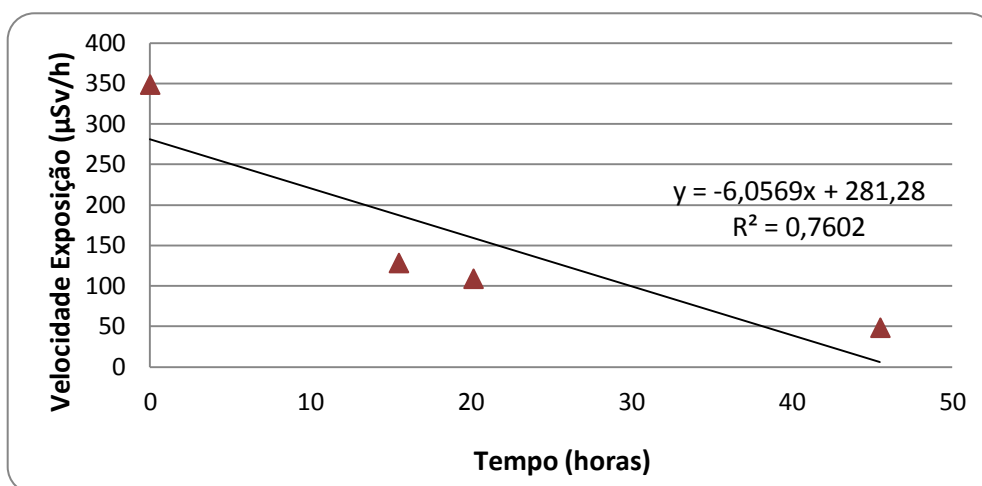


Figura 3.5 – Velocidade exposição em função do tempo para o paciente A1, zona da bexiga.

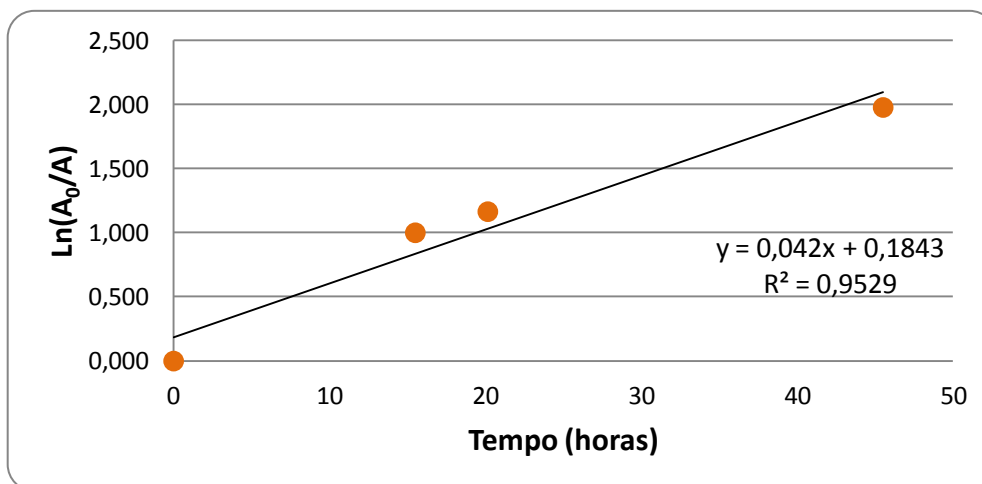


Figura 3.6 – Logaritmo da razão da actividade inicial com a actividade em função do tempo, para o paciente A1, zona da bexiga.

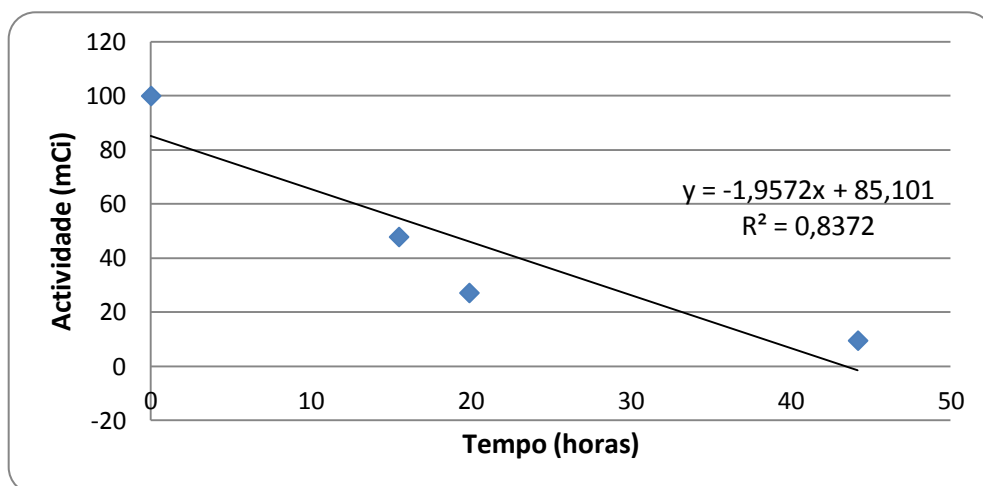


Figura 3.7 – Actividade em função do tempo para o paciente A2, zona da tiróide.

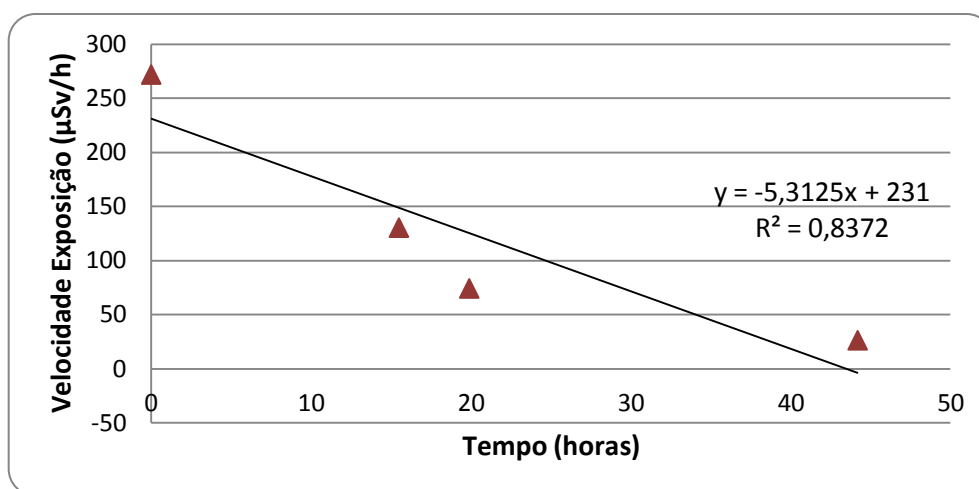


Figura 3.8 – Velocidade exposição em função do tempo para o paciente A2, zona da tiróide.

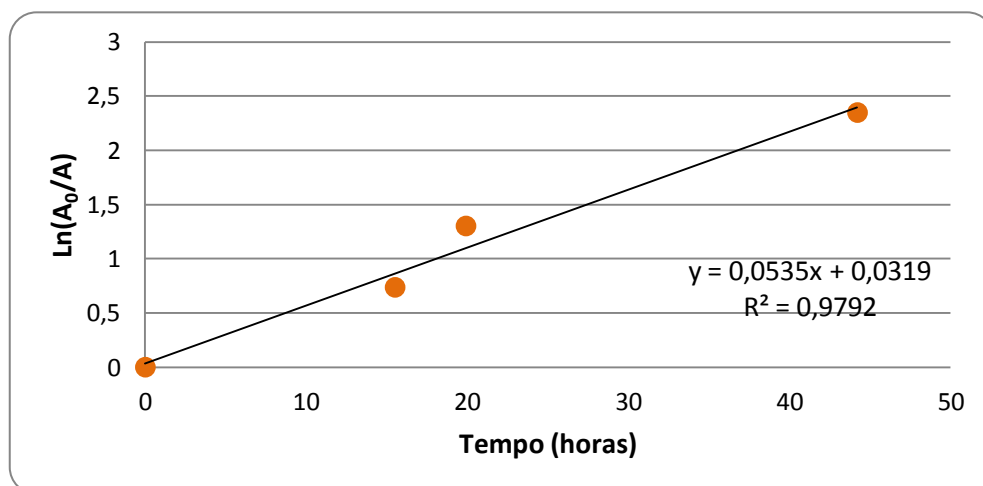


Figura 3.6 – Logaritmo da razão da actividade inicial com a actividade em função do tempo, para o paciente A2, zona da tiróide.

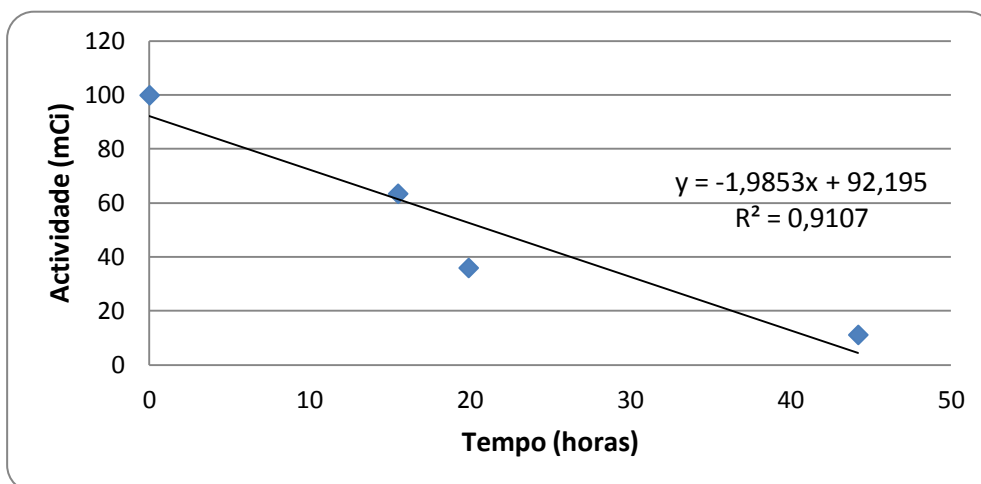


Figura 3.10 – Actividade em função do tempo para o paciente A2, zona da bexiga.

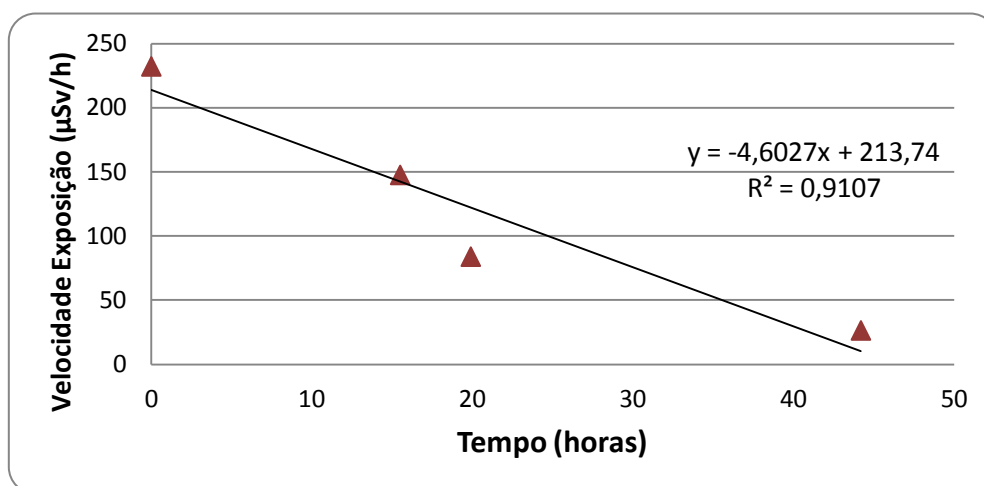


Figura 3.11 – Velocidade exposição em função do tempo para o paciente A2, zona da bexiga.

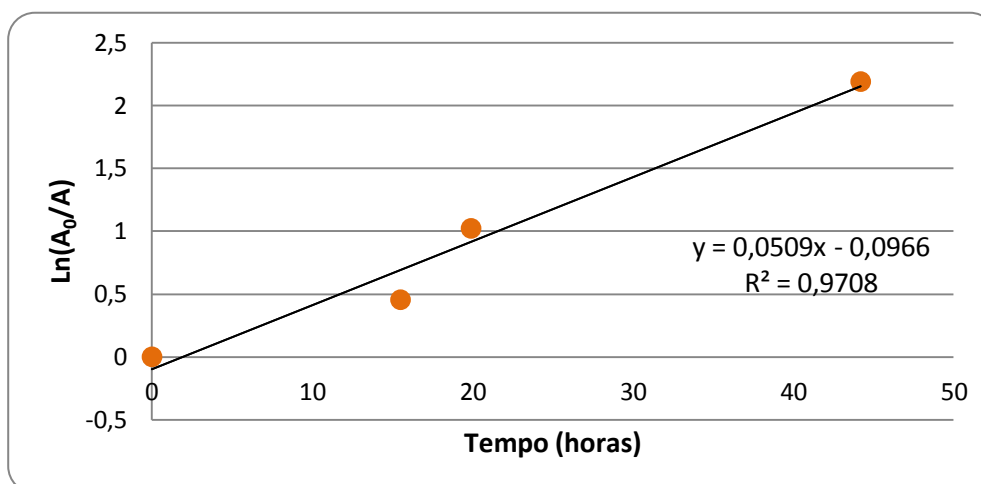


Figura 3.12 – Logaritmo da razão da actividade inicial com a actividade em função do tempo, para o paciente A2, zona da bexiga.

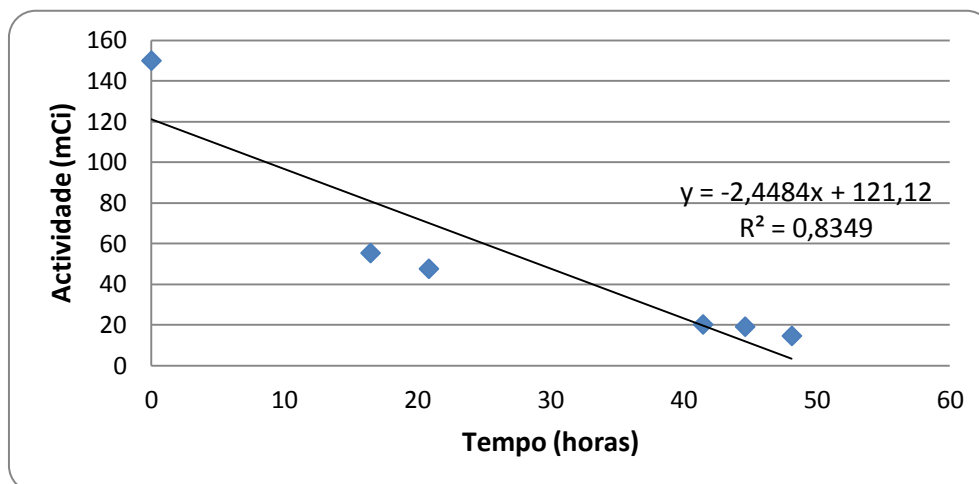


Figura 3.13 – Actividade em função do tempo para o paciente A3, zona da tiróide.

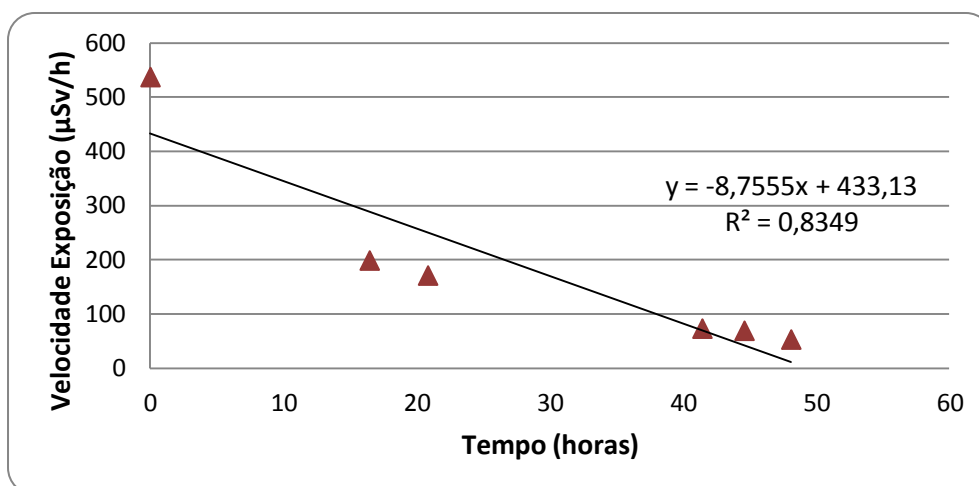


Figura 3.14 – Velocidade exposição em função do tempo para o paciente A3, zona da tiróide.

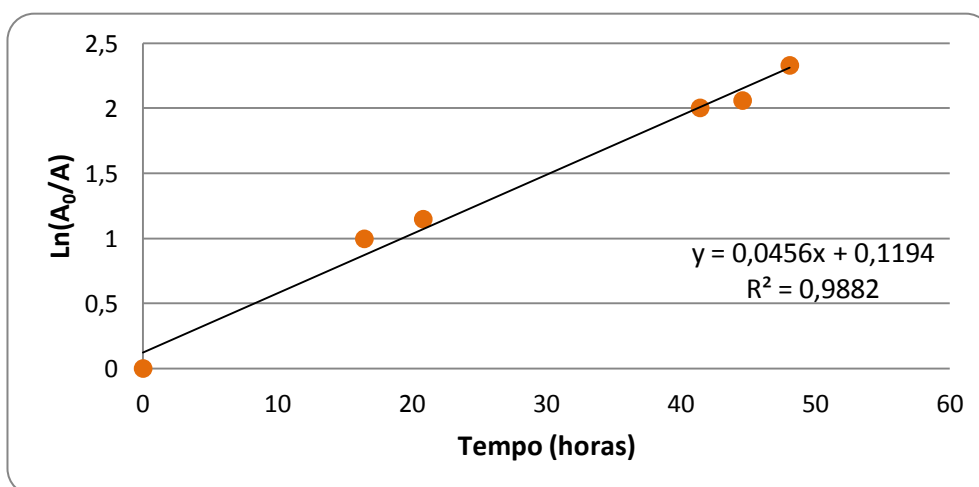


Figura 3.15 – Logaritmo da razão da actividade inicial com a actividade em função do tempo, para o paciente A3, zona da tiróide.

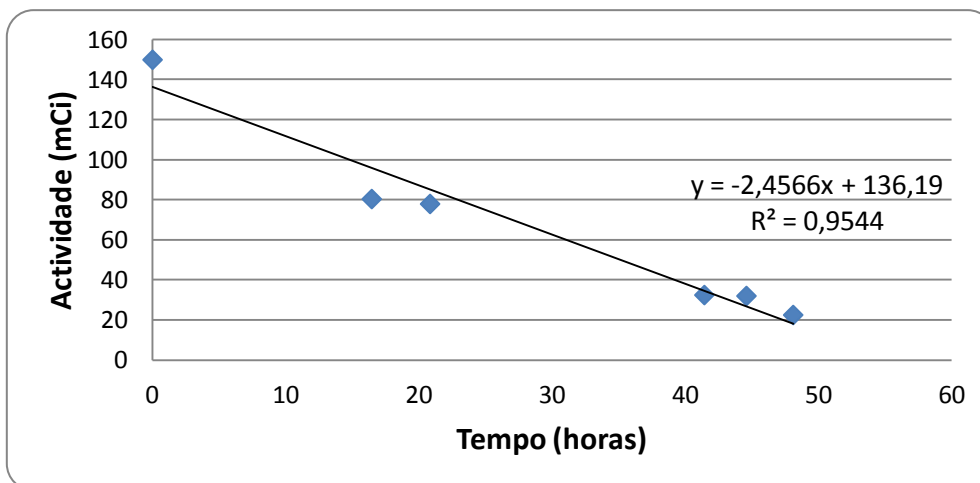


Figura 3.16 – Actividade em função do tempo para o paciente A3, zona da bexiga.

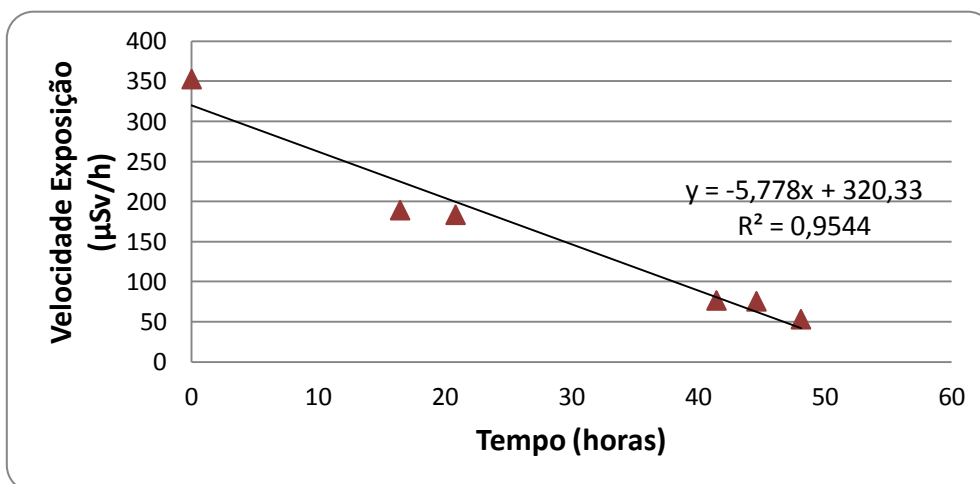


Figura 3.17 – Velocidade exposição em função do tempo para o paciente A3, zona da bexiga.

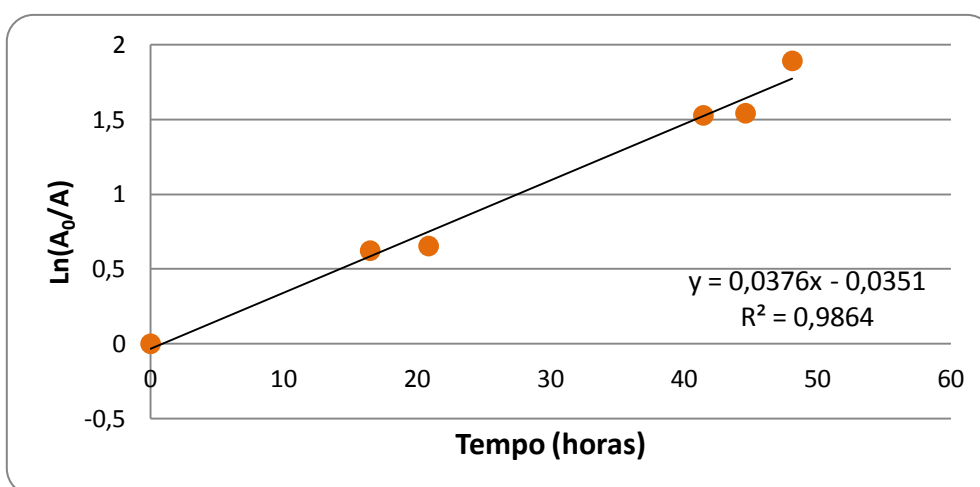


Figura 3.18 – Logaritmo da razão da actividade inicial com a actividade em função do tempo, para o paciente A3, zona da bexiga.

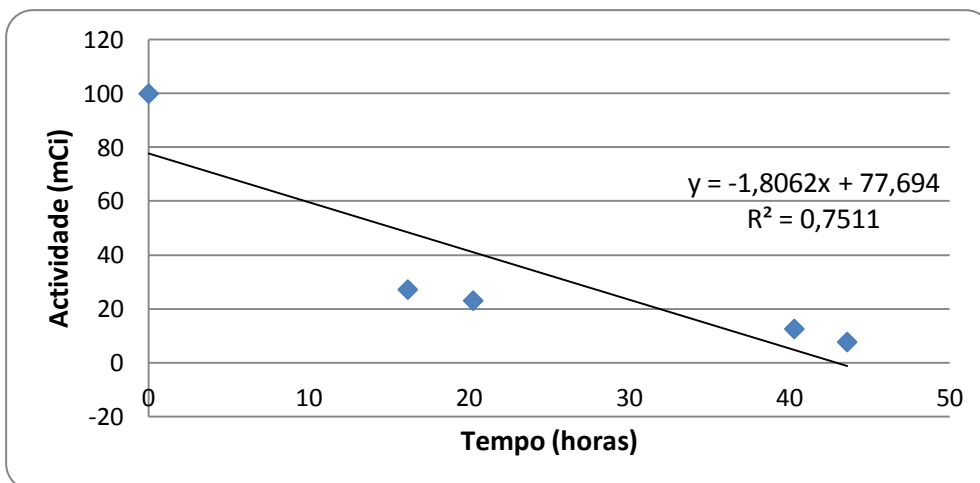


Figura 3.19 – Actividade em função do tempo para o paciente A4, zona da tiróide.

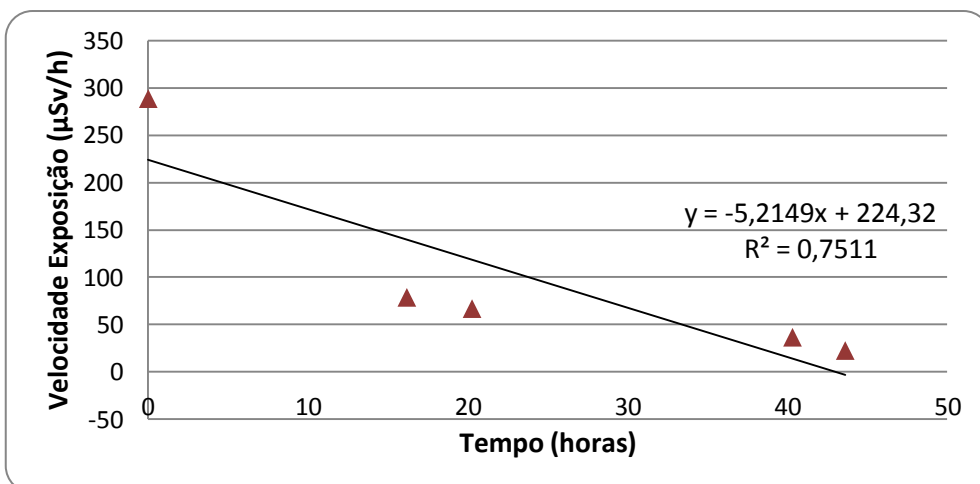


Figura 3.20 – Velocidade exposição em função do tempo para o paciente A4, zona da tiróide.

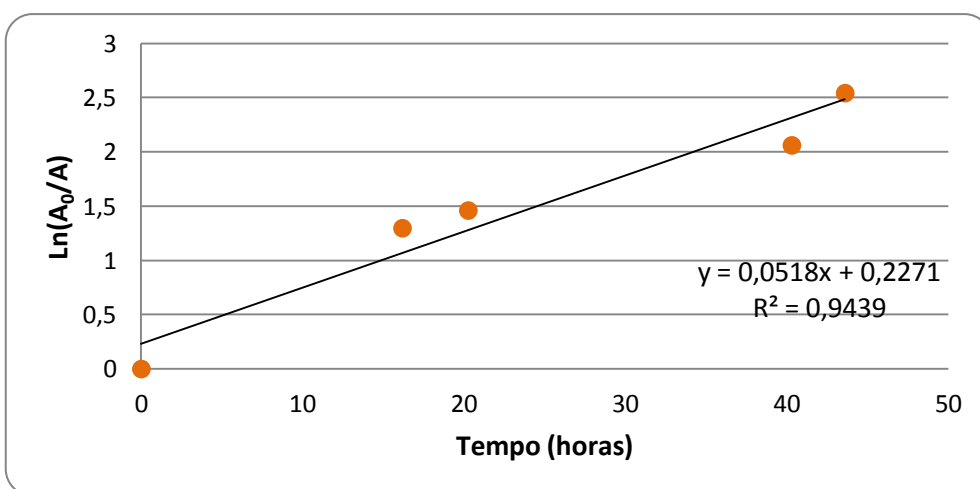


Figura 3.21 – Logaritmo da razão da actividade inicial com a actividade em função do tempo, para o paciente A4, zona da tiróide.

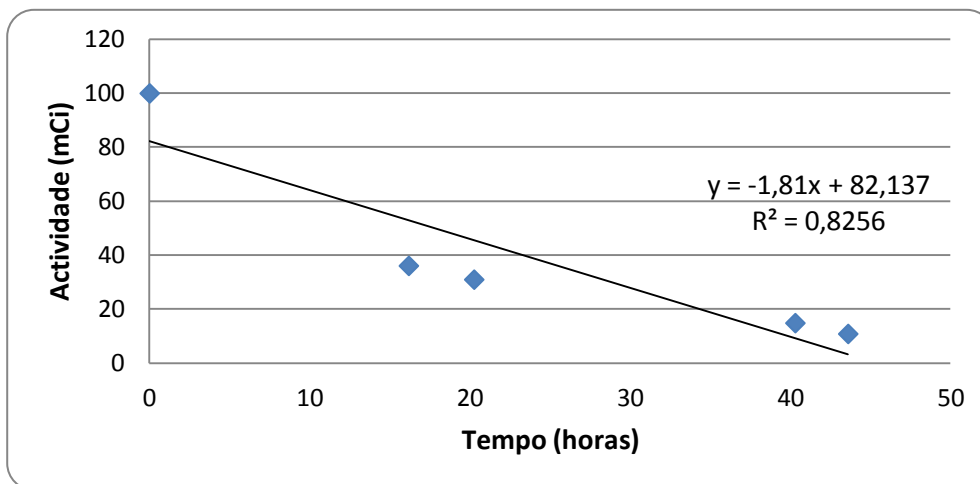


Figura 3.22 – Actividade em função do tempo para o paciente A4, zona da bexiga.

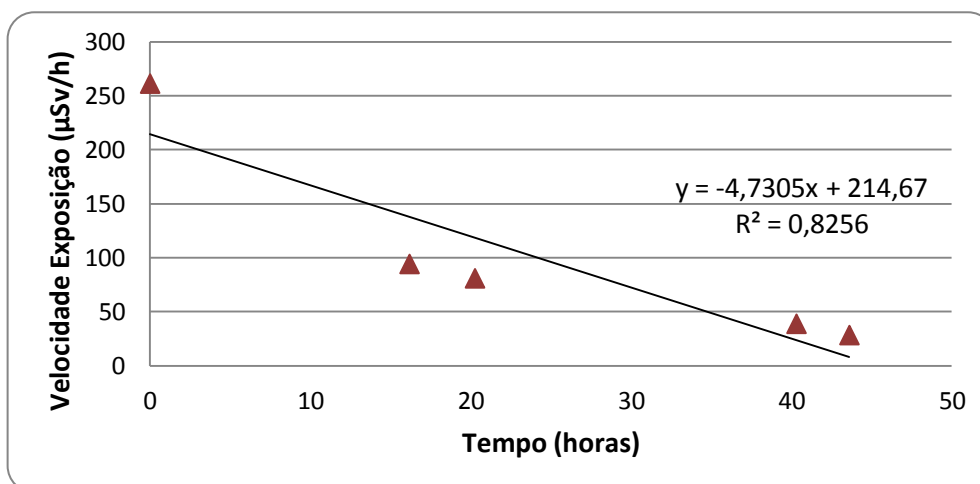


Figura 3.23 – Velocidade exposição em função do tempo para o paciente A4, zona da bexiga.

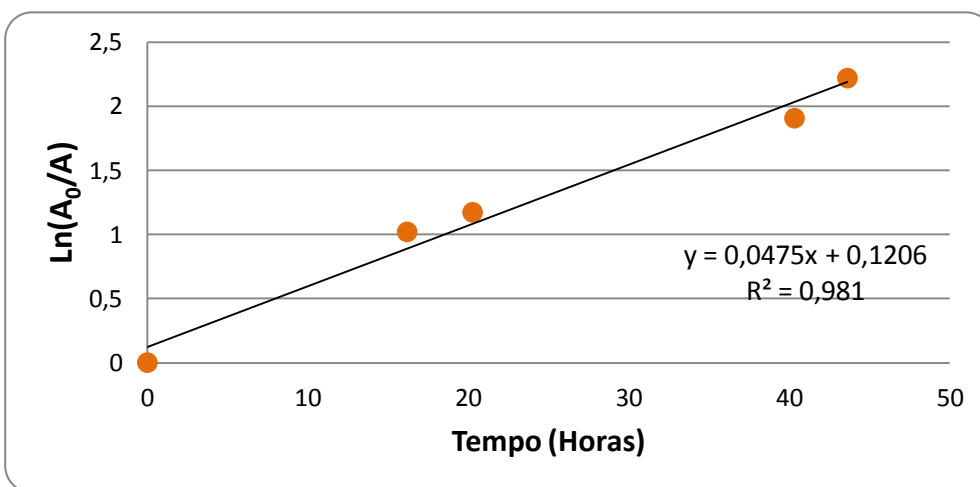


Figura 3.24 – Logaritmo da razão da actividade inicial com a actividade em função do tempo, para o paciente A4, zona da bexiga.

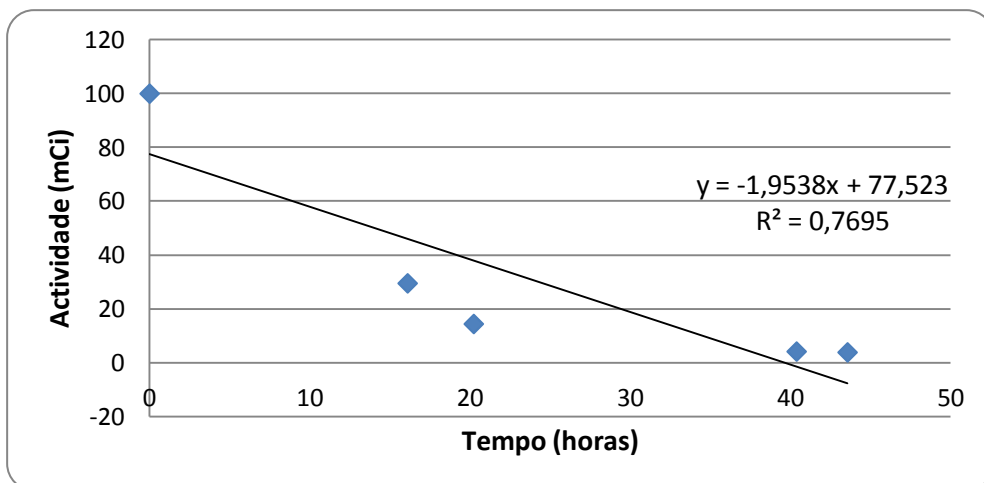


Figura 3.25 – Actividade em função do tempo para o paciente A5, zona da tiróide.

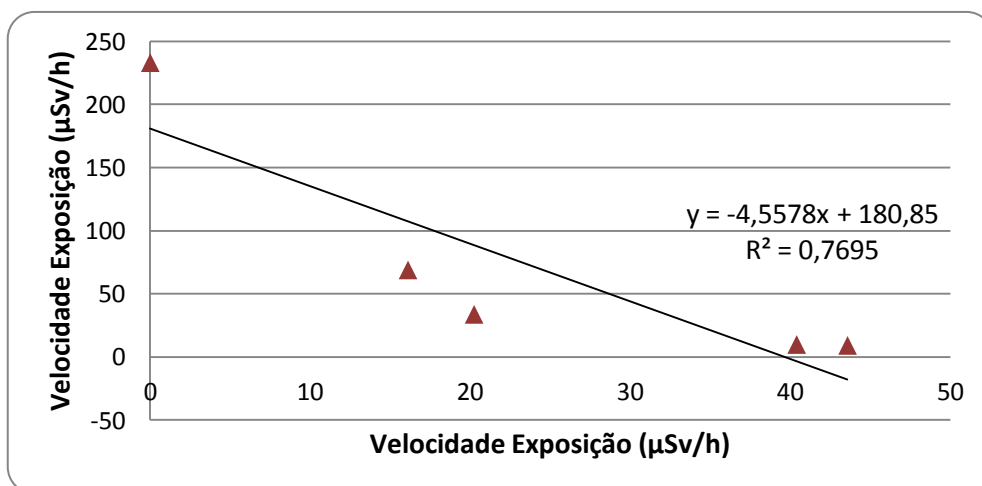


Figura 3.26 – Velocidade exposição em função do tempo para o paciente A5, zona da tiróide.

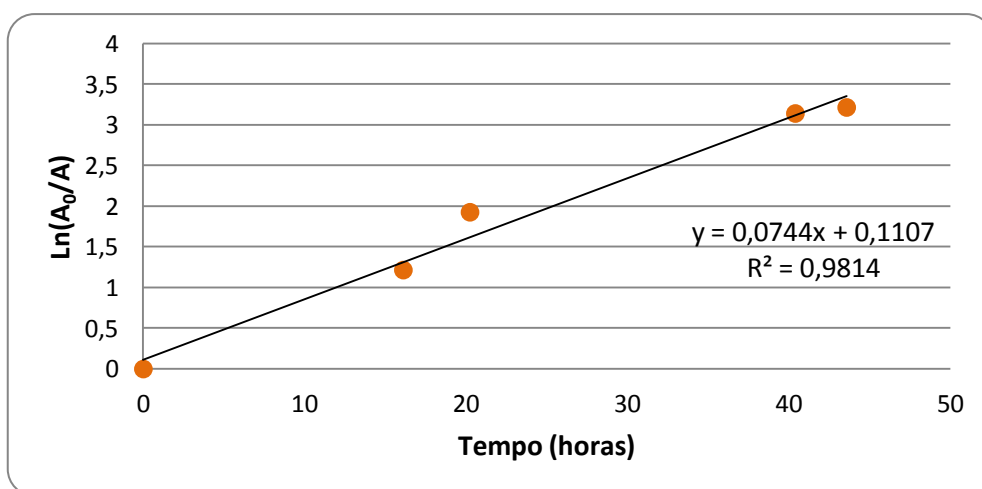


Figura 3.27 – Logaritmo da razão da actividade inicial com a actividade em função do tempo, para o paciente A5, zona da tiróide.

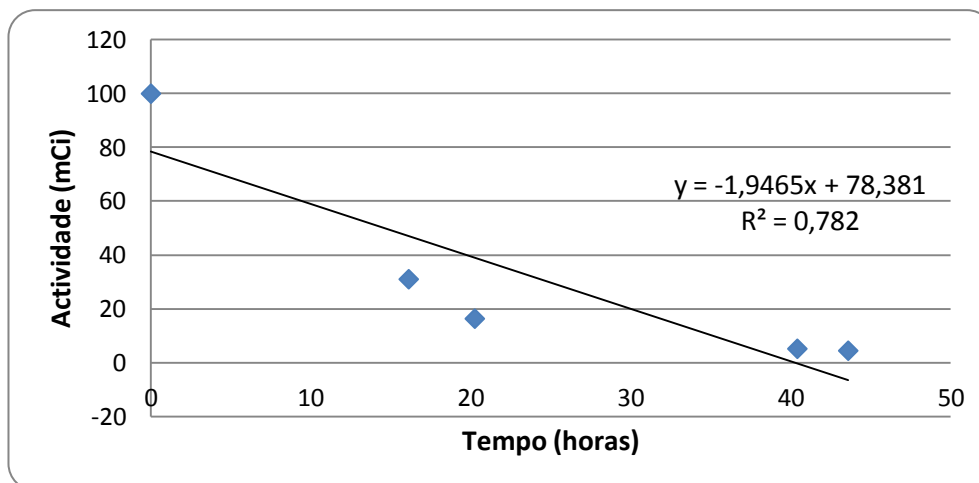


Figura 3.28 – Actividade em função do tempo para o paciente A5, zona da bexiga.

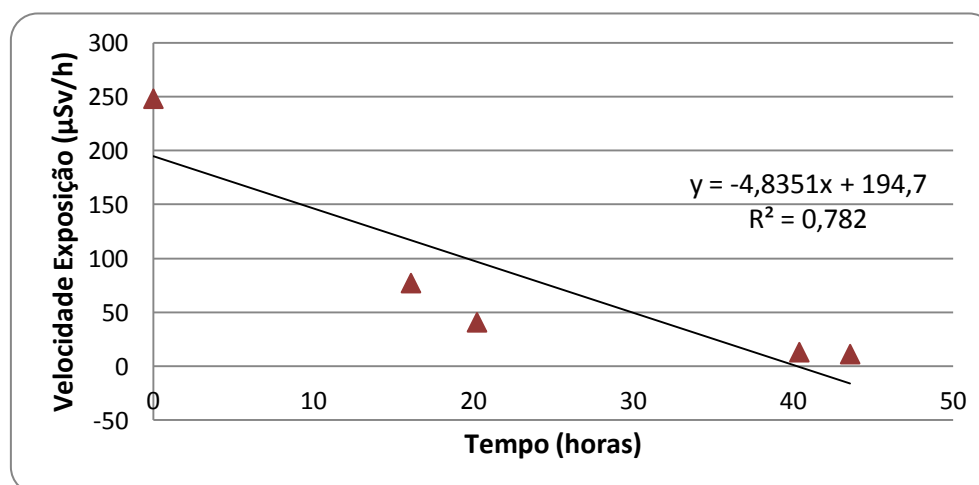


Figura 3.29 – Velocidade exposição em função do tempo para o paciente A5, zona da bexiga.

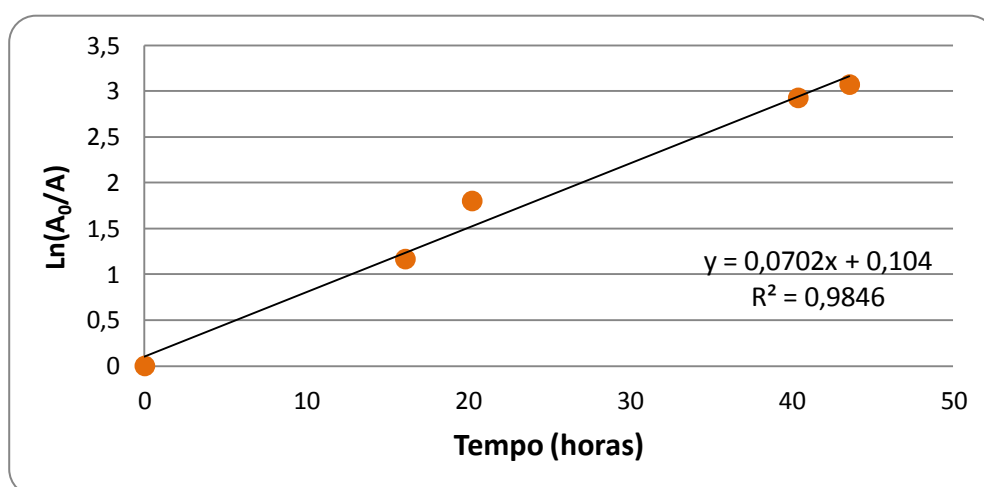


Figura 3.30 – Logaritmo da razão da actividade inicial com a actividade em função do tempo, para o paciente A5, zona da bexiga.

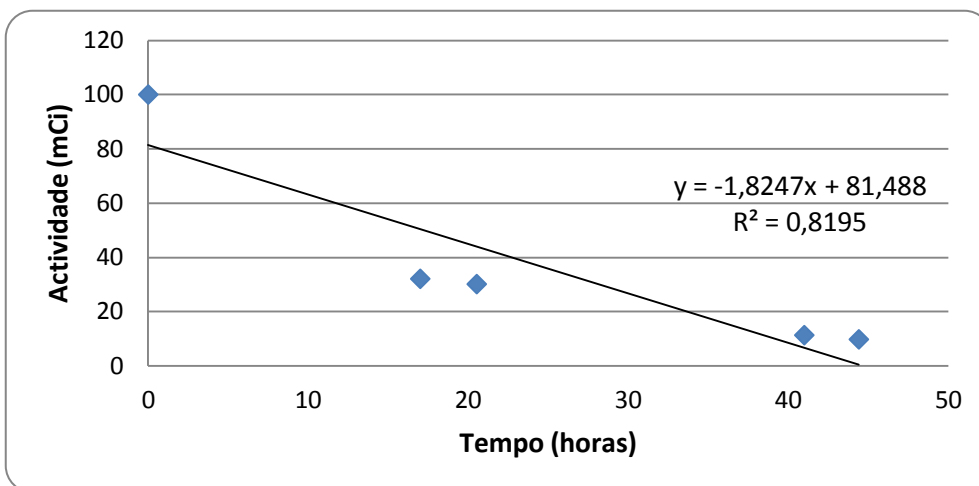


Figura 3.31 – Actividade em função do tempo para o paciente A6, zona da tiróide.

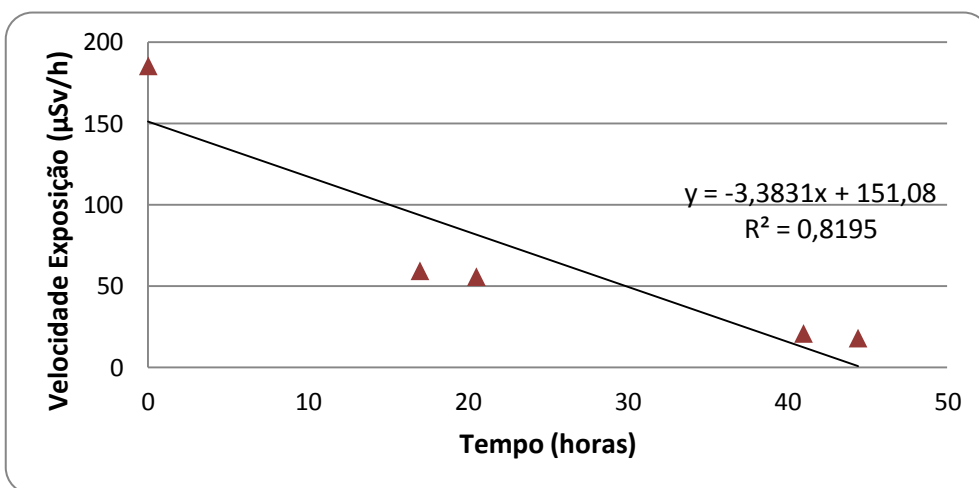


Figura 3.32 – Velocidade exposição em função do tempo para o paciente A6, zona da tiróide.

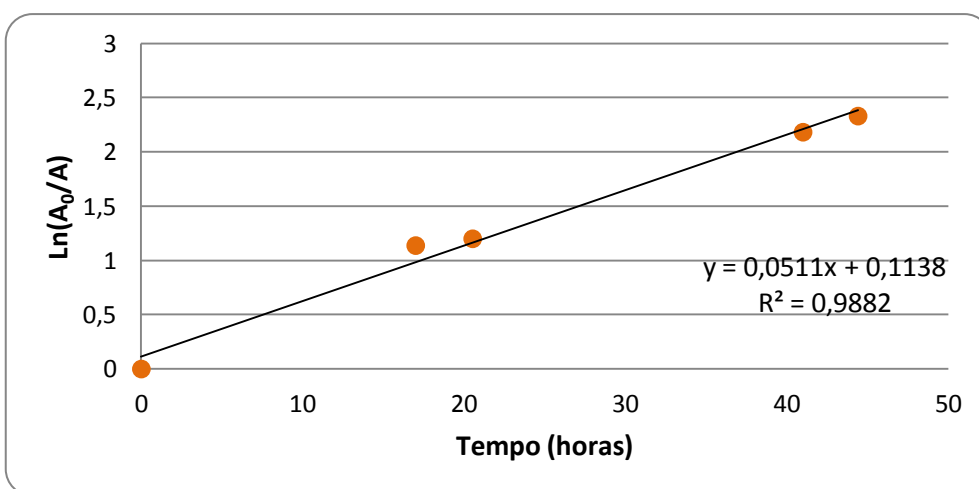


Figura 3.33 – Logaritmo da razão da actividade inicial com a actividade em função do tempo, para o paciente A6, zona da tiróide.

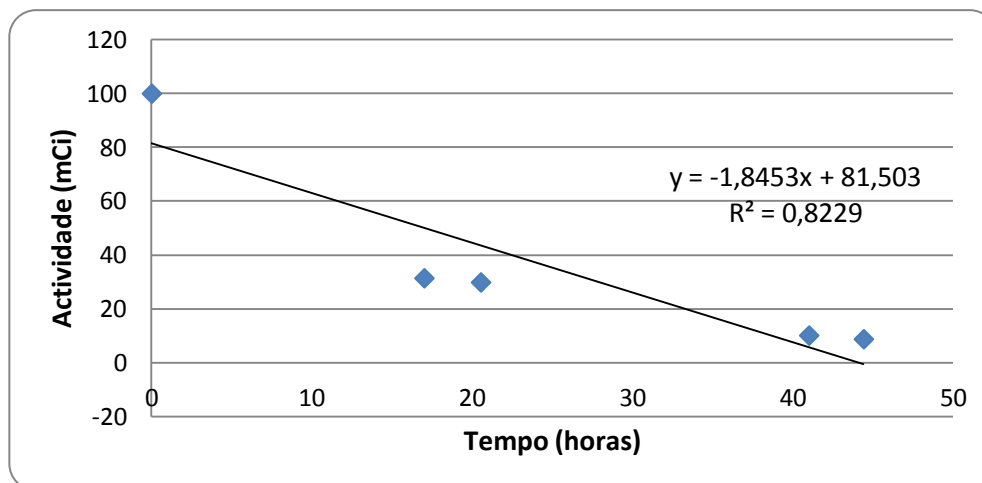


Figura 3.34 – Actividade em função do tempo para o paciente A6, zona da bexiga.

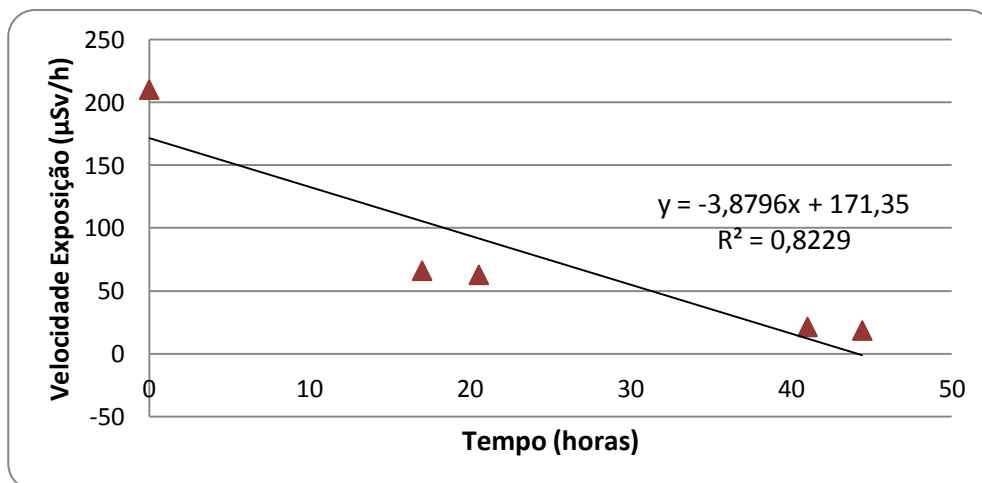


Figura 3.35 – Velocidade exposição em função do tempo para o paciente A6, zona da bexiga.

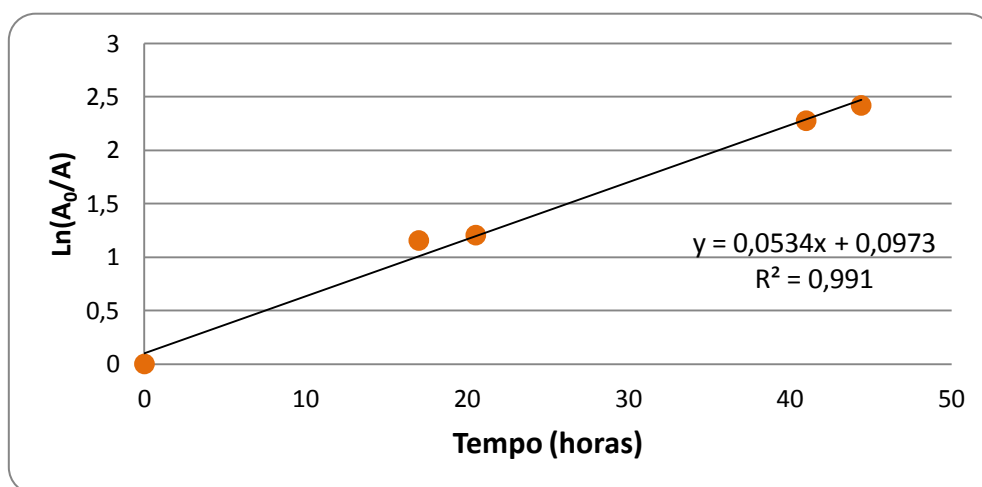


Figura 3.36 – Logaritmo da razão da actividade inicial com a actividade em função do tempo, para o paciente A6, zona da bexiga.

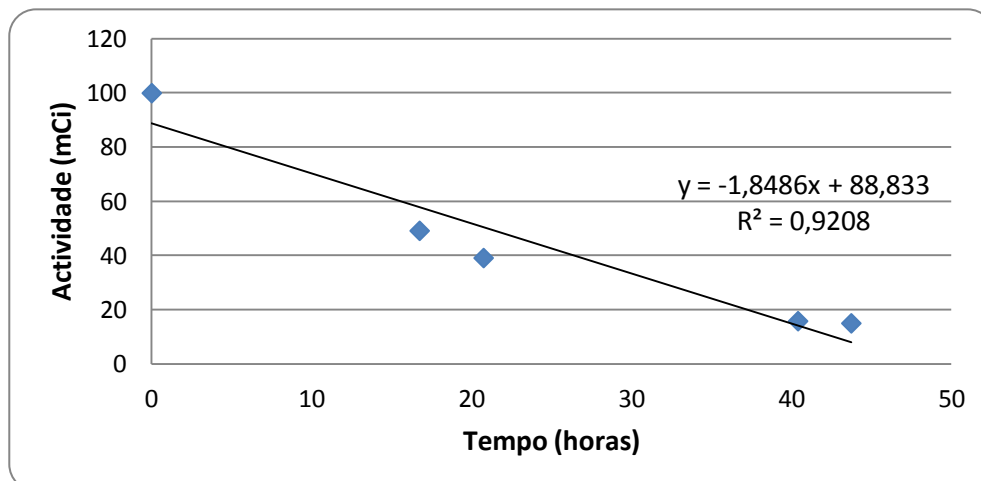


Figura 3.37 – Actividade em função do tempo para o paciente A7, zona da tiróide.

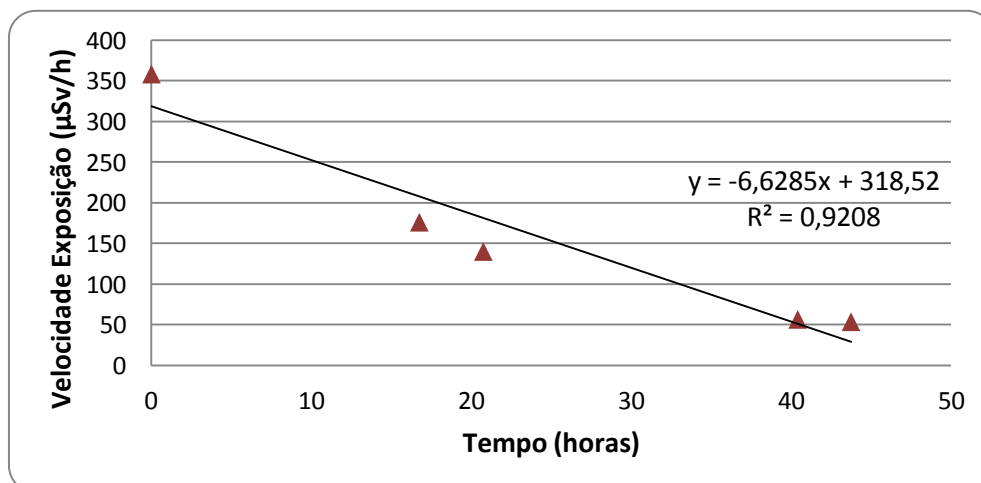


Figura 3.38 – Velocidade exposição em função do tempo para o paciente A7, zona da tiróide.

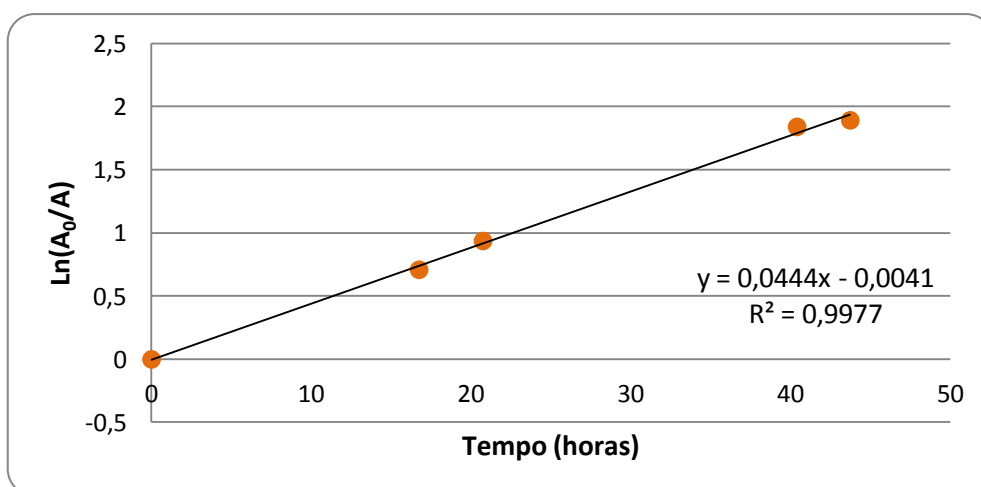


Figura 3.39 – Logaritmo da razão da actividade inicial com a actividade em função do tempo, para o paciente A7, zona da tiróide.

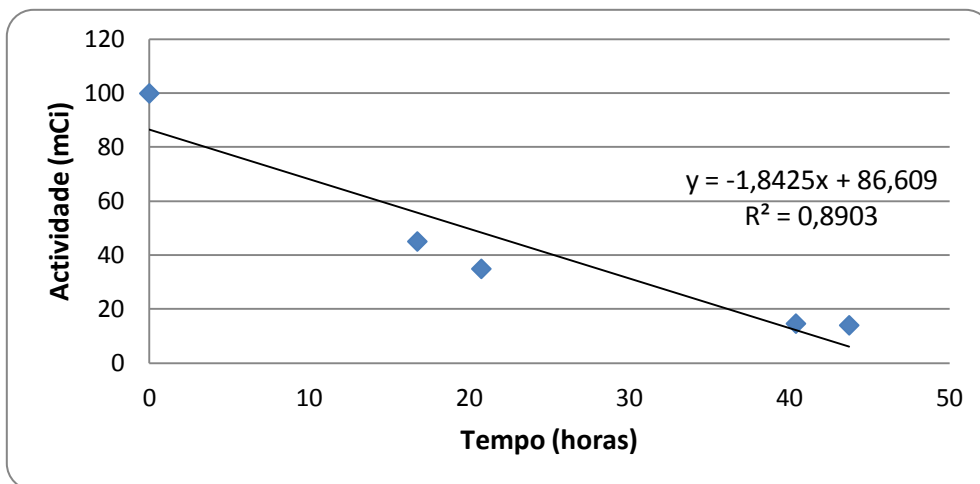


Figura 3.40 – Actividade em função do tempo para o paciente A7, zona da bexiga.

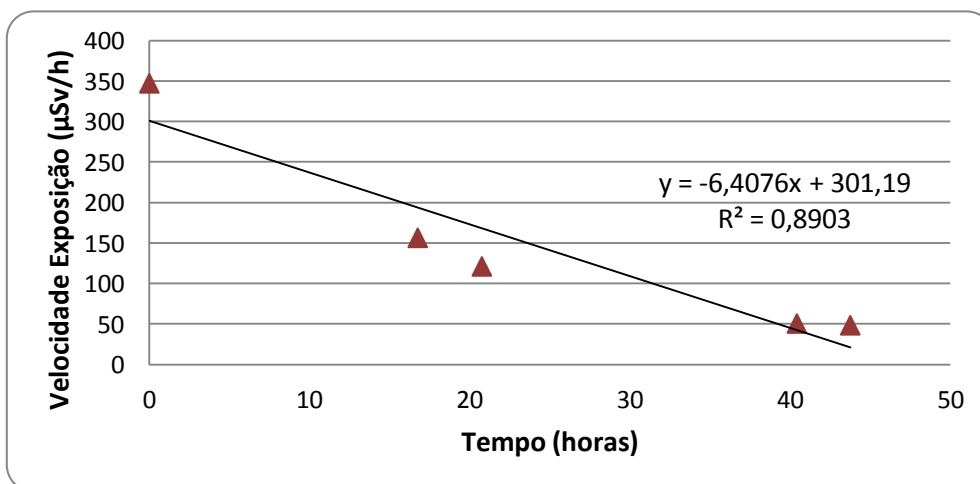


Figura 3.41 – Velocidade exposição em função do tempo para o paciente A7, zona da bexiga

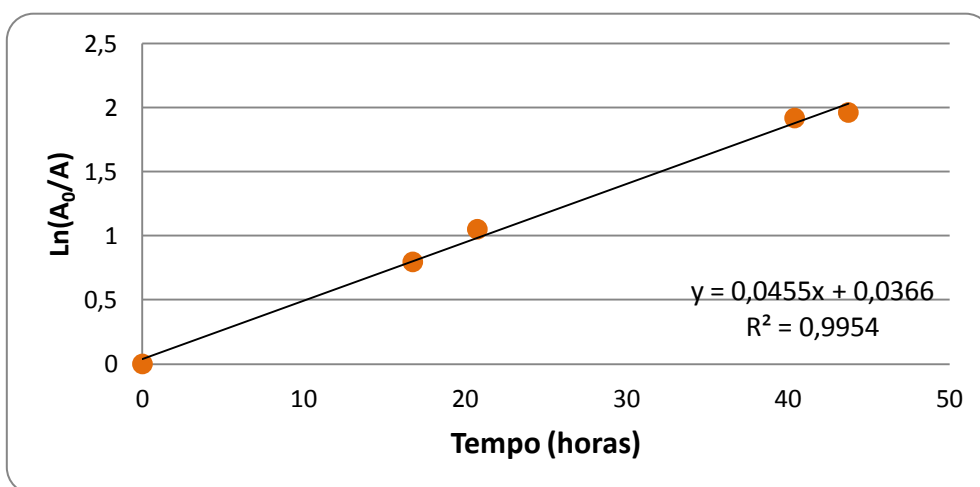


Figura 3.42 – Logaritmo da razão da actividade inicial com a actividade em função do tempo, para o paciente A7, zona da bexiga.

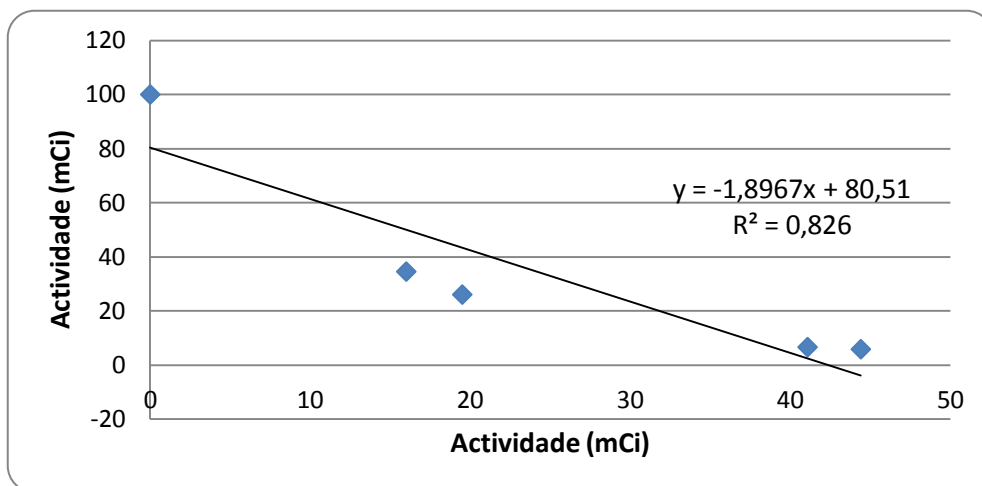


Figura 3.43 – Actividade em função do tempo para o paciente A8, zona da tiróide.

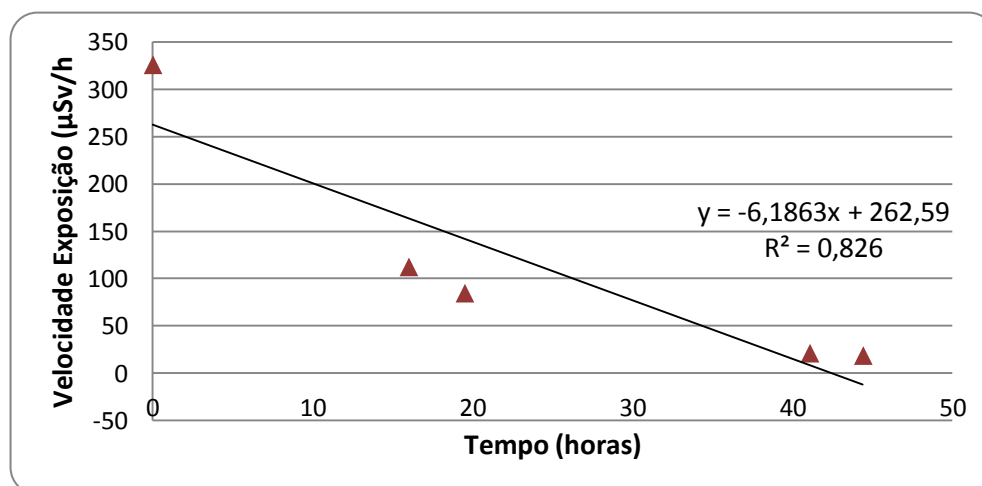


Figura 3.44 – Velocidade exposição em função do tempo para o paciente A8, zona da tiróide.

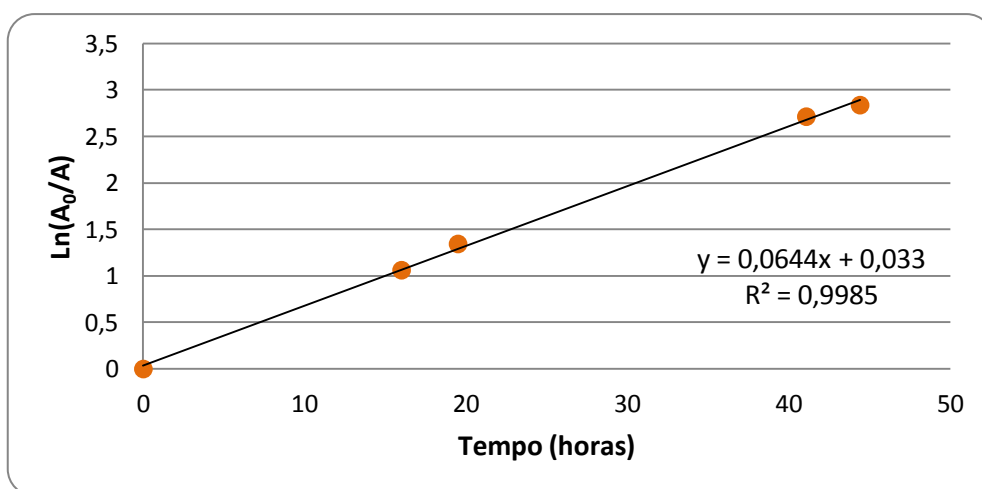


Figura 3.45 – Logaritmo da razão da actividade inicial com a actividade em função do tempo, para o paciente A8, zona da tiróide.

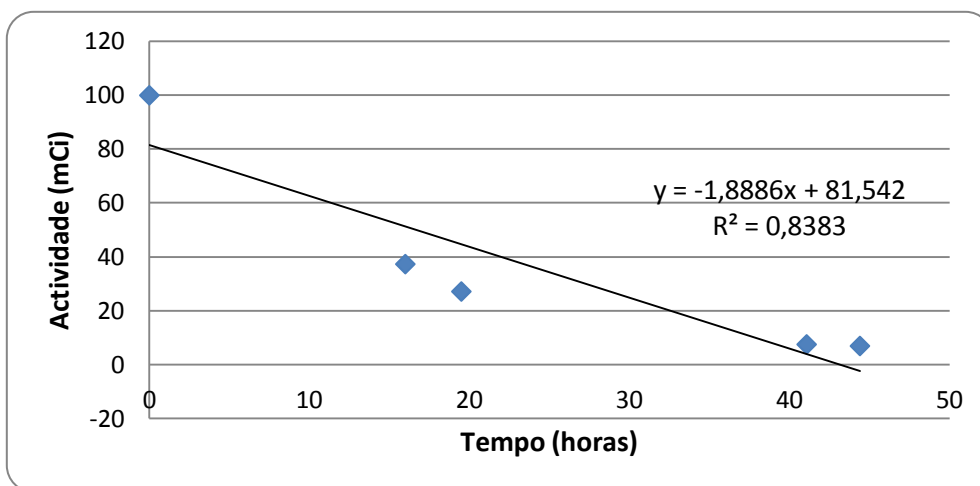


Figura 3.46 – Actividade em função do tempo para o paciente A8, zona da bexiga.

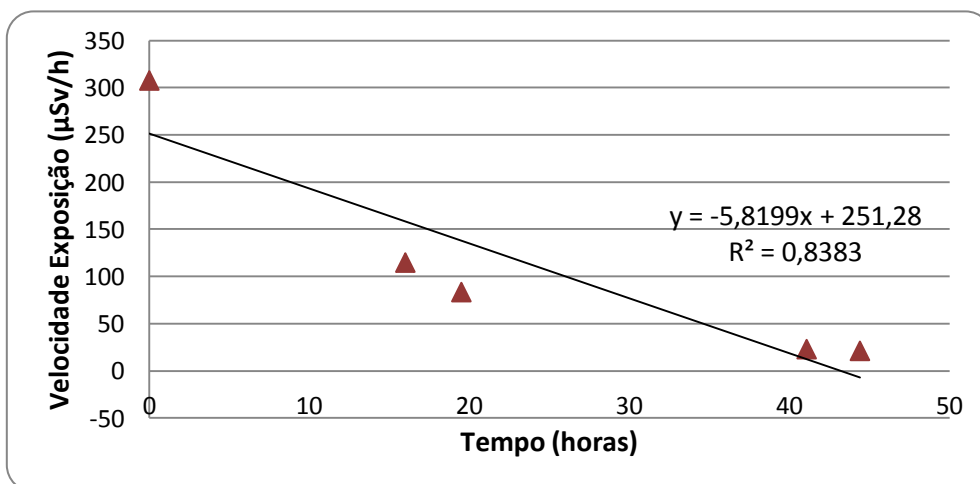


Figura 3.47 – Velocidade exposição em função do tempo para o paciente A8, zona da bexiga.

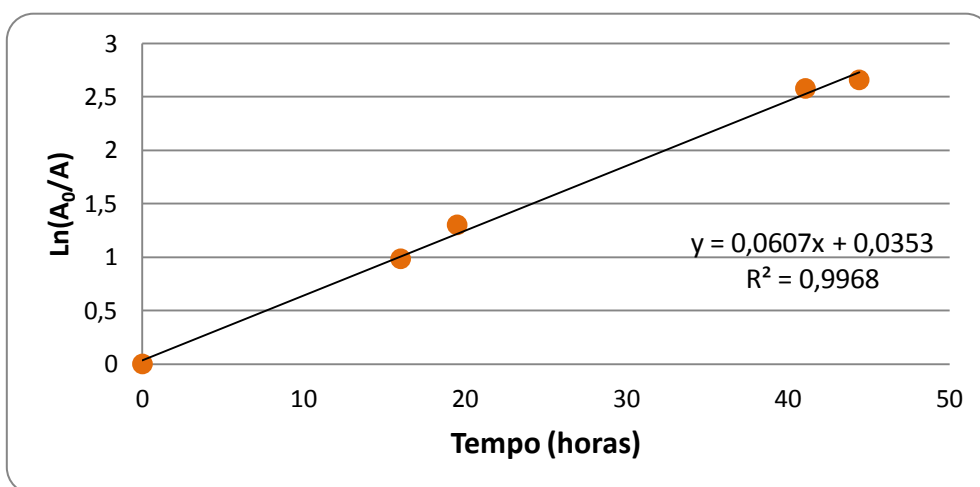


Figura 3.48 – Logaritmo da razão da actividade inicial com a actividade em função do tempo, para o paciente A8, zona da bexiga.

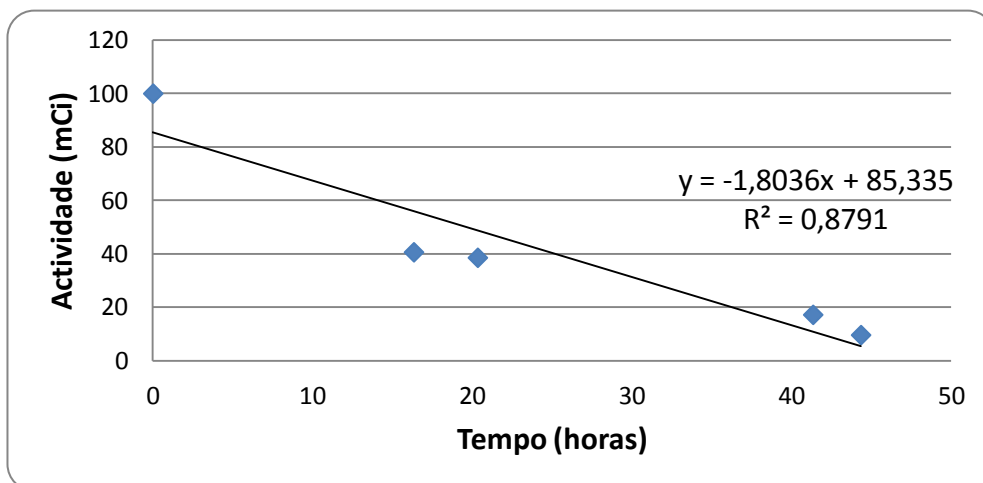


Figura 3.49 – Actividade em função do tempo para o paciente A9, zona da tiróide.

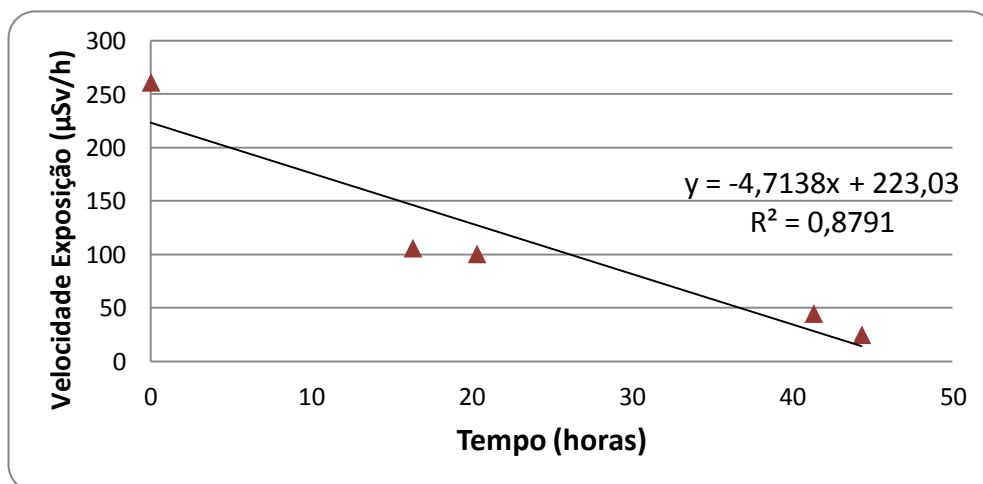


Figura 3.50 – Velocidade exposição em função do tempo para o paciente A9, zona da tiróide.

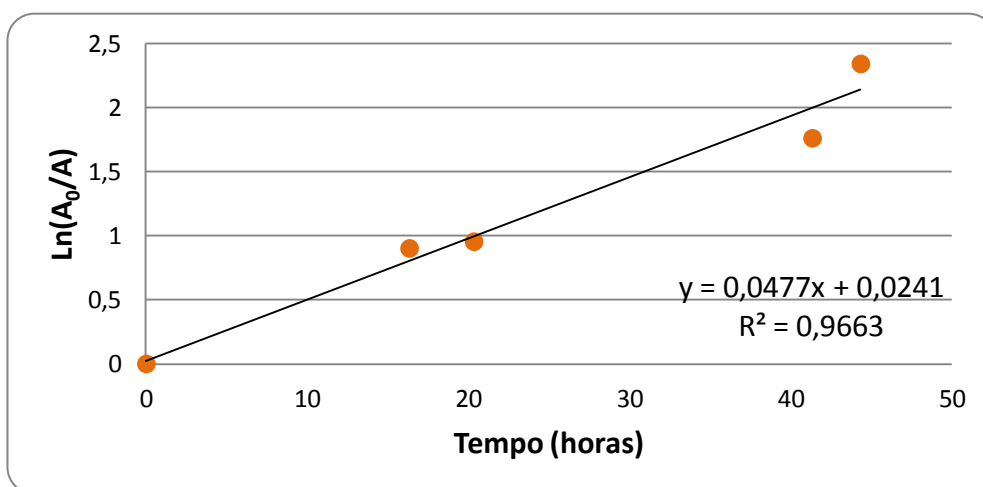


Figura 3.51 – Logaritmo da razão da actividade inicial com a actividade em função do tempo, para o paciente A9, zona da tiróide.

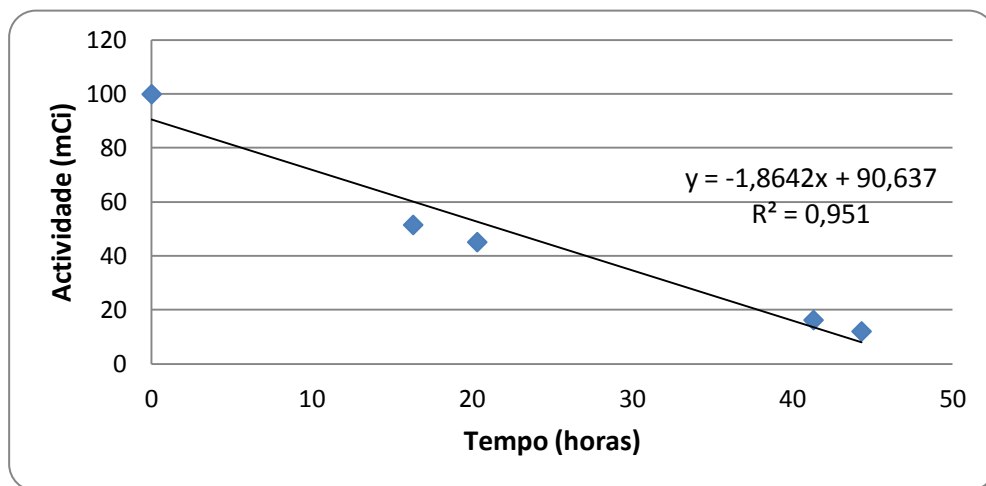


Figura 3.52 – Actividade em função do tempo para o paciente A9, zona da bexiga.

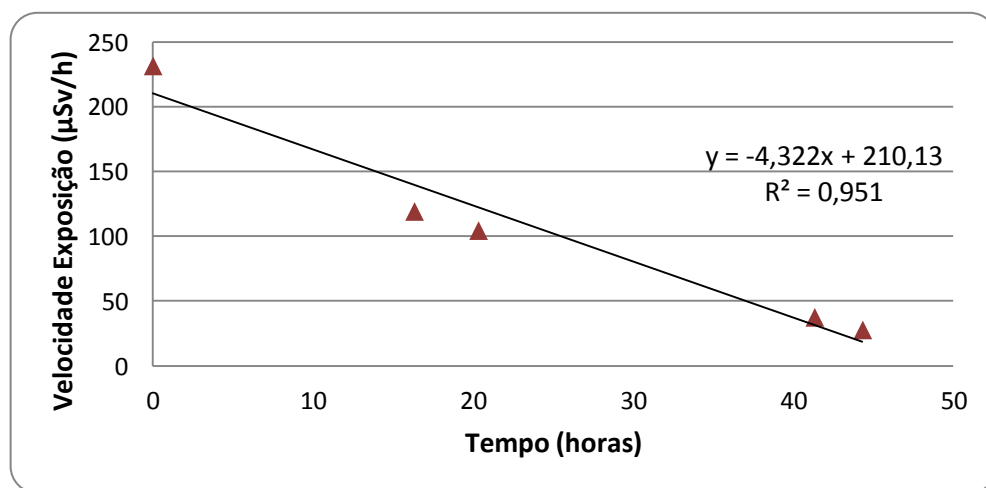


Figura 3.53 – Velocidade exposição em função do tempo para o paciente A9, zona da bexiga.

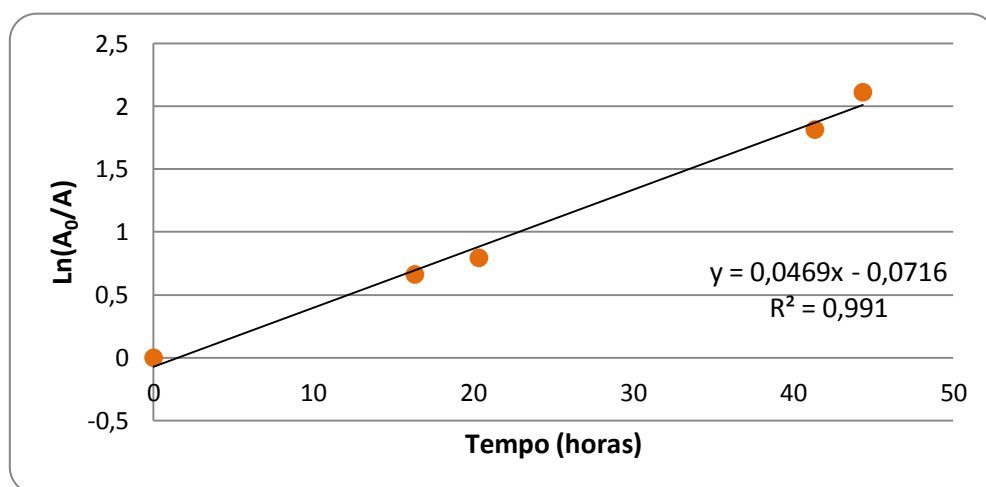


Figura 3.54 – Logaritmo da razão da actividade inicial com a actividade em função do tempo, para o paciente A9, zona da bexiga.

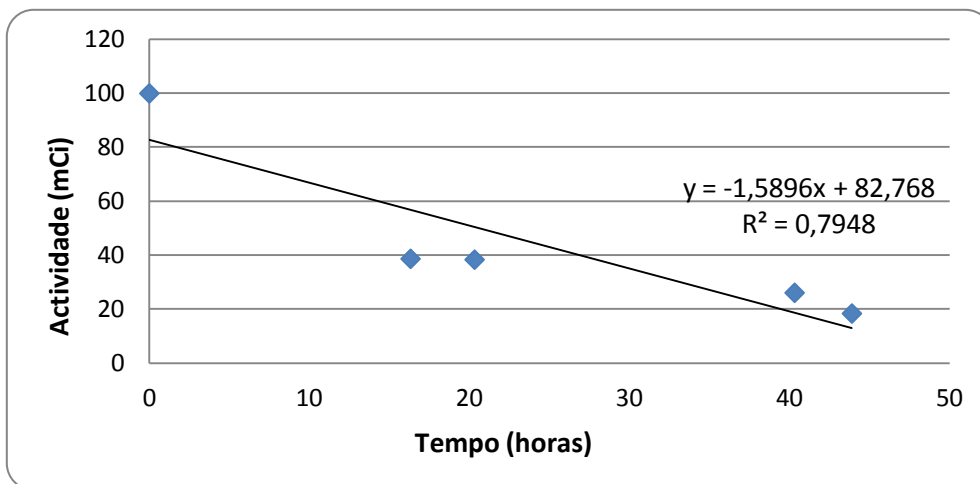


Figura 3.55 – Actividade em função do tempo para o paciente A10, zona da tiróide.

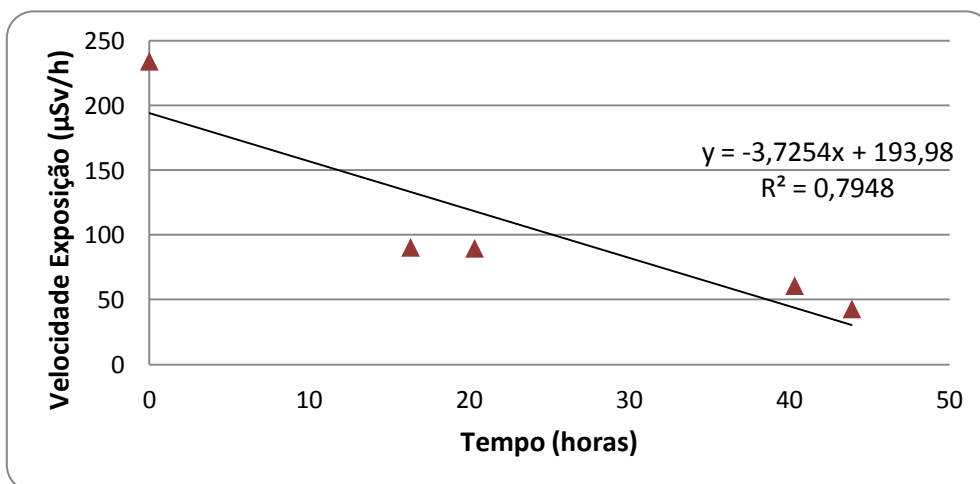


Figura 3.56 – Velocidade exposição em função do tempo para o paciente A10, zona da tiróide.

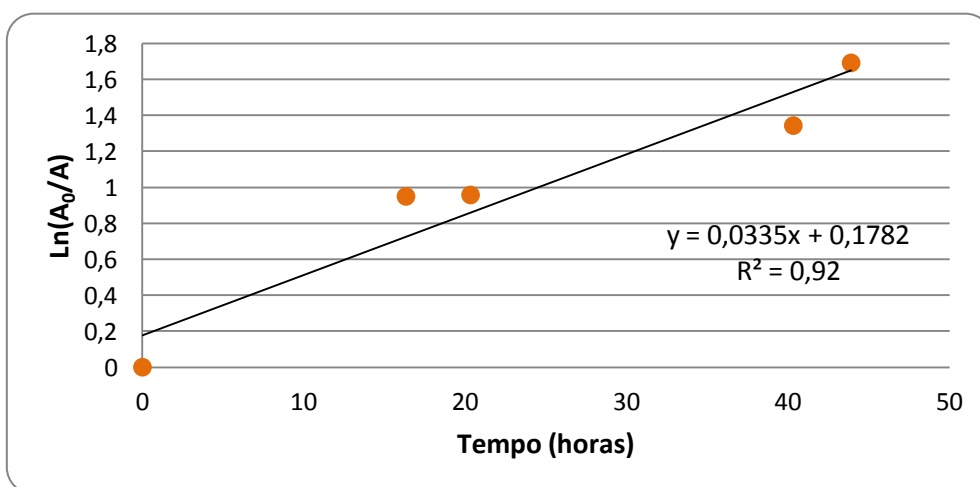


Figura 3.57 – Logaritmo da razão da actividade inicial com a actividade em função do tempo, para o paciente A10, zona da tiróide.

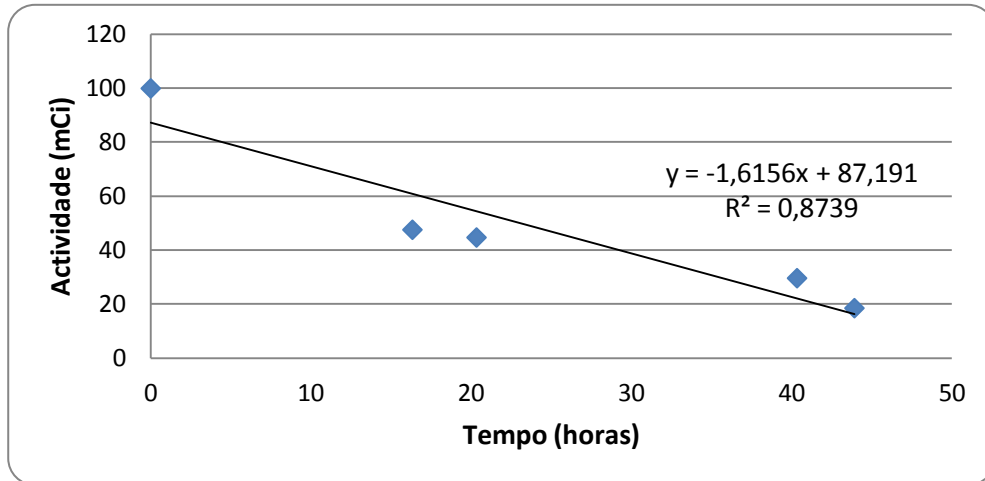


Figura 3.58 – Actividade em função do tempo para o paciente A10, zona da bexiga.

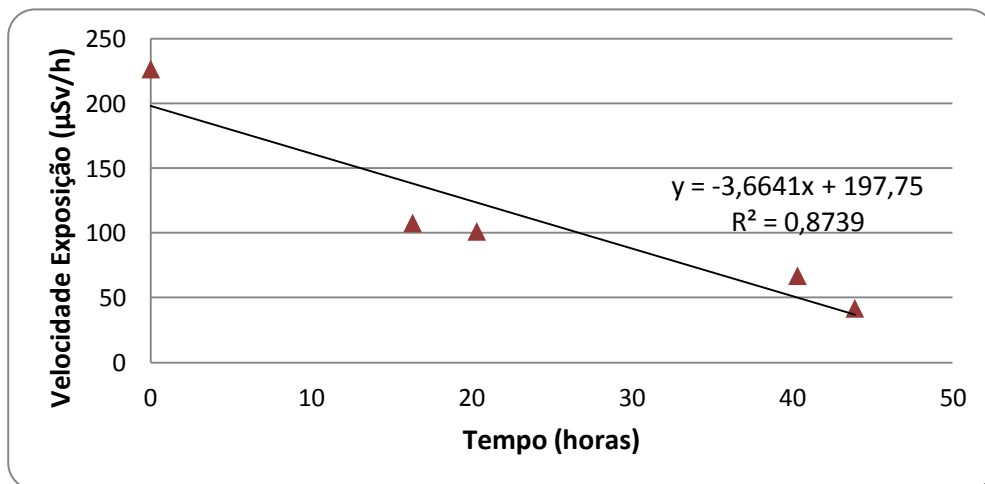


Figura 3.59 – Velocidade exposição em função do tempo para o paciente A10, zona da bexiga.

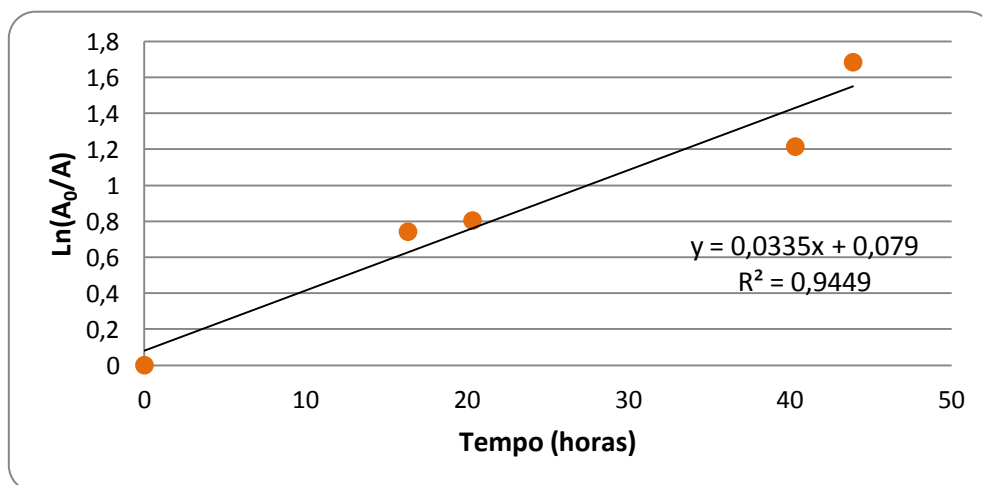


Figura 3.60 – Logaritmo da razão da actividade inicial com a actividade em função do tempo, para o paciente A10, zona da bexiga.

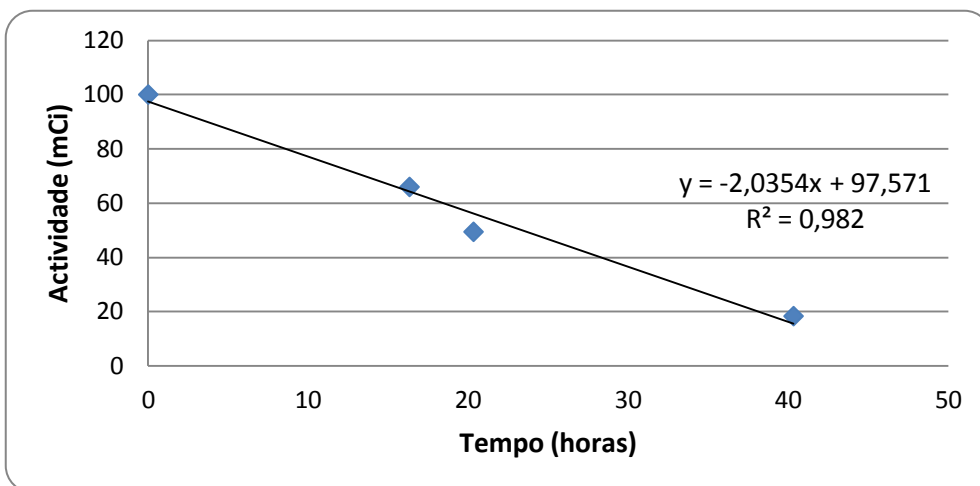


Figura 3.61 – Actividade em função do tempo para o paciente A11, zona da tiróide.

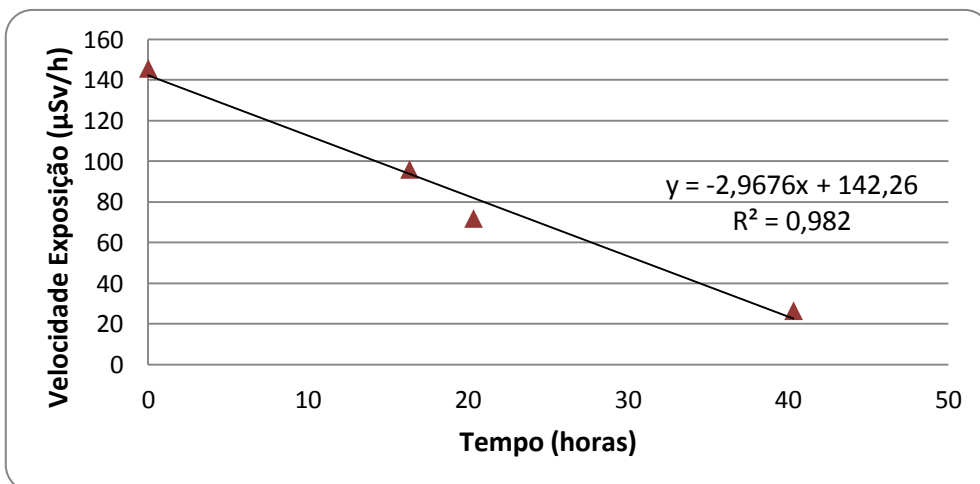


Figura 3.62 – Velocidade exposição em função do tempo para o paciente A11, zona da tiróide.

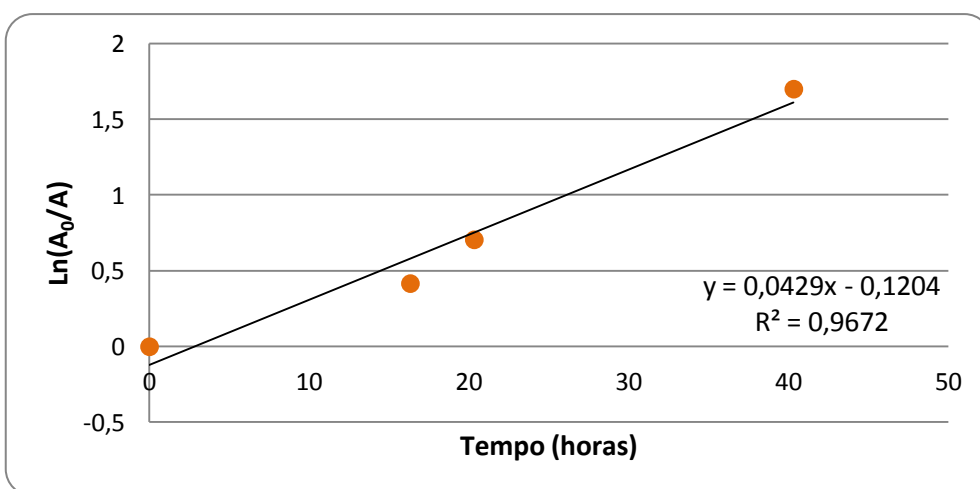


Figura 3.63 – Logaritmo da razão da actividade inicial com a actividade em função do tempo, para o paciente A11, zona da tiróide.

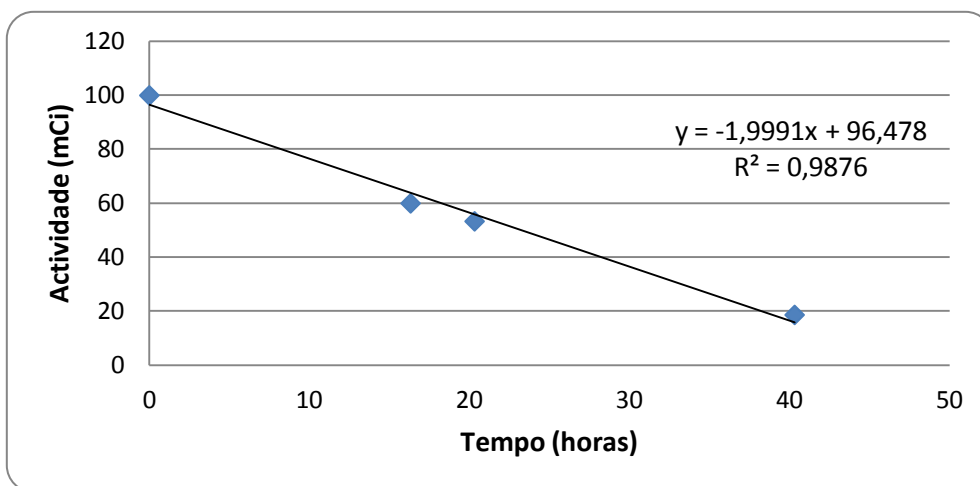


Figura 3.64 – Actividade em função do tempo para o paciente A11, zona da bexiga.

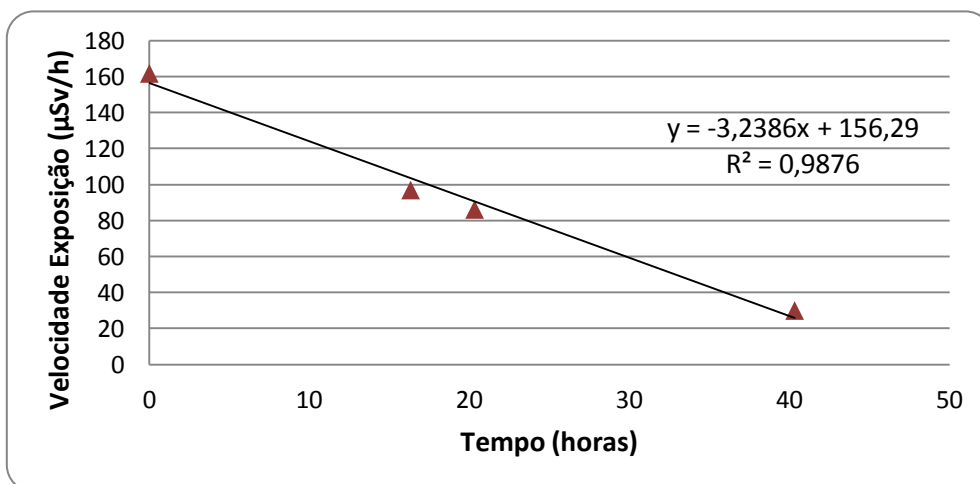


Figura 3.65 – Velocidade exposição em função do tempo para o paciente A11, zona da bexiga.

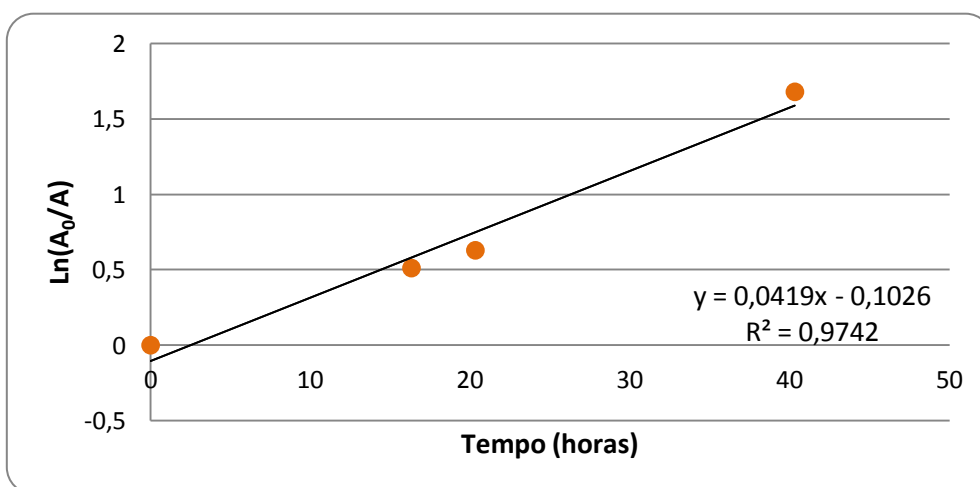


Figura 3.66 – Logaritmo da razão da actividade inicial com a actividade em função do tempo, para o paciente A11, zona da bexiga.

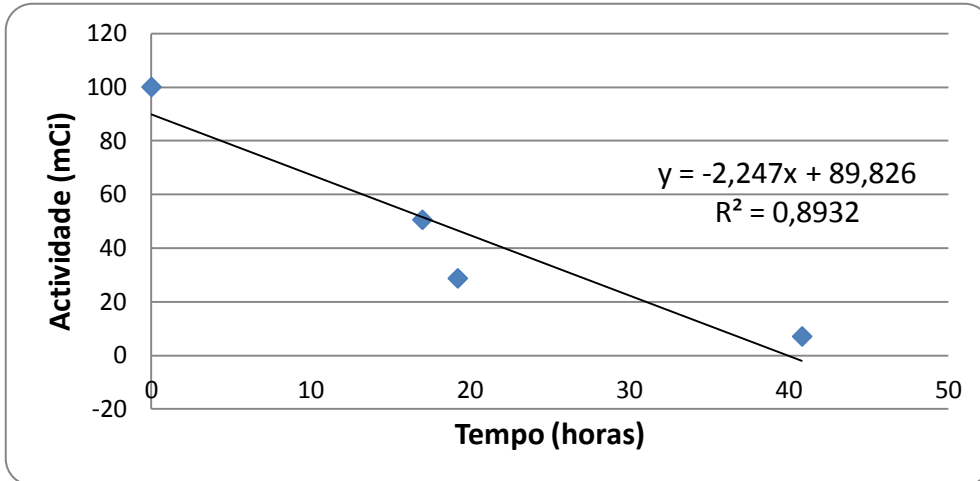


Figura 3.67 – Actividade em função do tempo para o paciente A12, zona da tiróide.

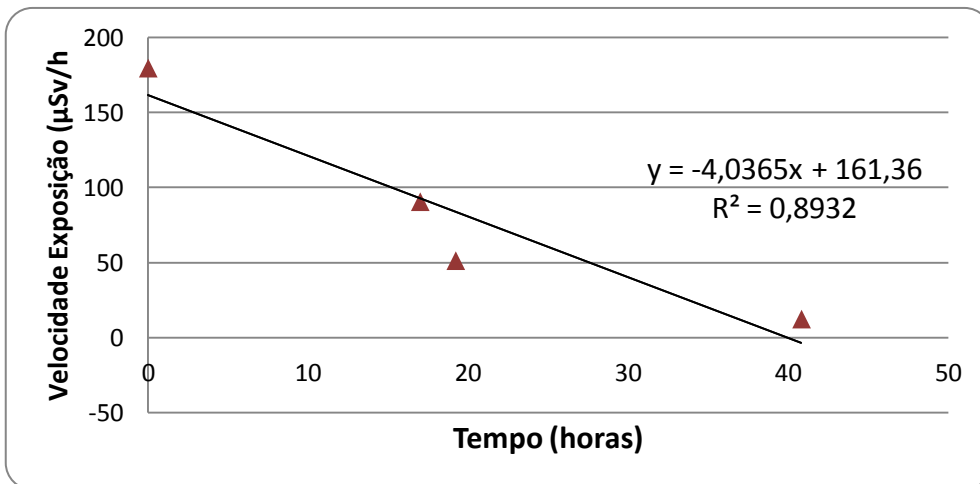


Figura 3.68 – Velocidade exposição em função do tempo para o paciente A12, zona da tiróide.

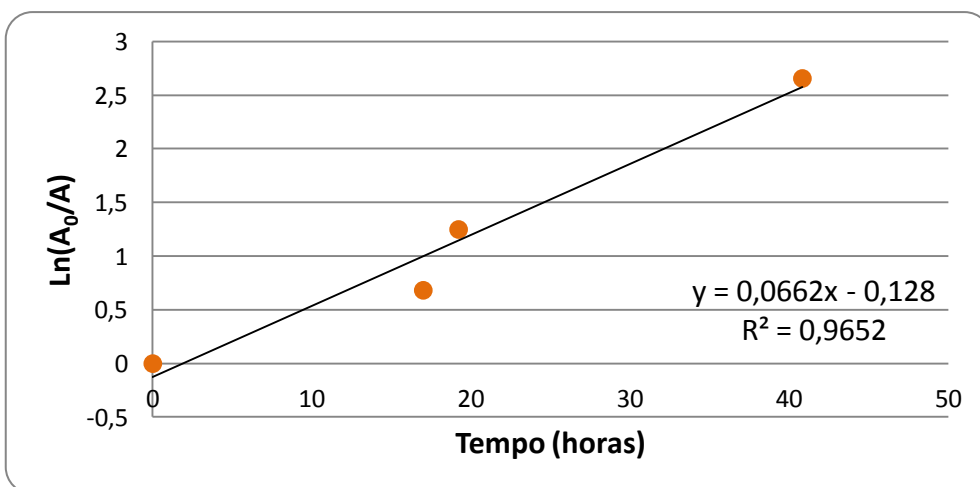


Figura 3.69 – Logaritmo da razão da actividade inicial com a actividade em função do tempo, para o paciente A12, zona da tiróide.

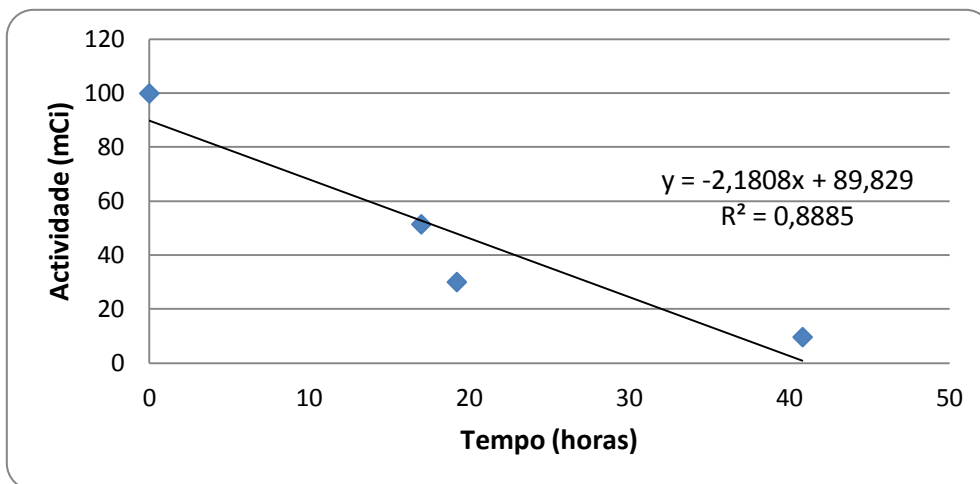


Figura 3.70 – Actividade em função do tempo para o paciente A12, zona da bexiga.

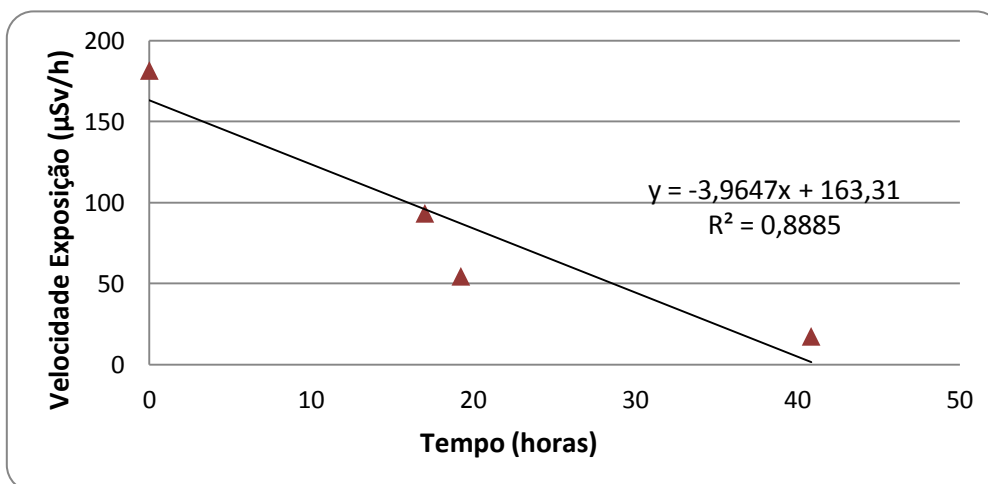


Figura 3.71 – Velocidade exposição em função do tempo para o paciente A12, zona da bexiga.

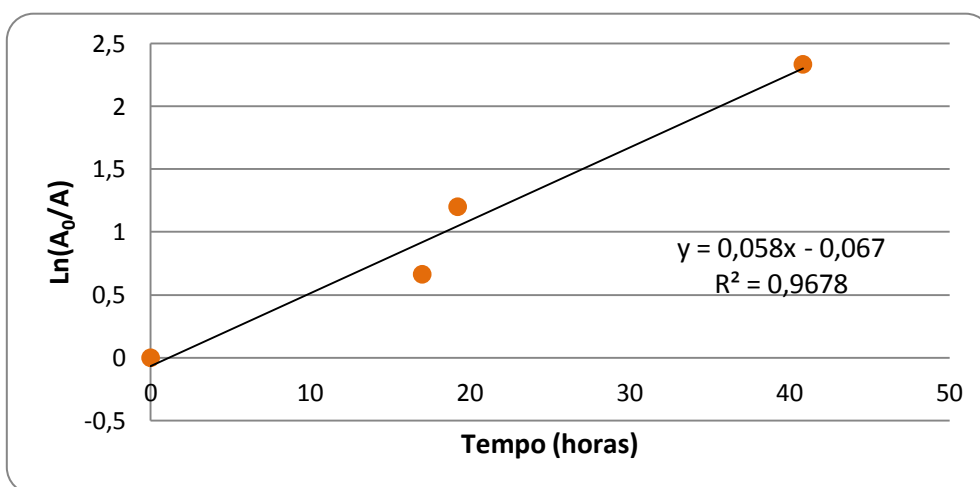


Figura 3.72 – Logaritmo da razão da actividade inicial com a actividade em função do tempo, para o paciente A12, zona da bexiga.

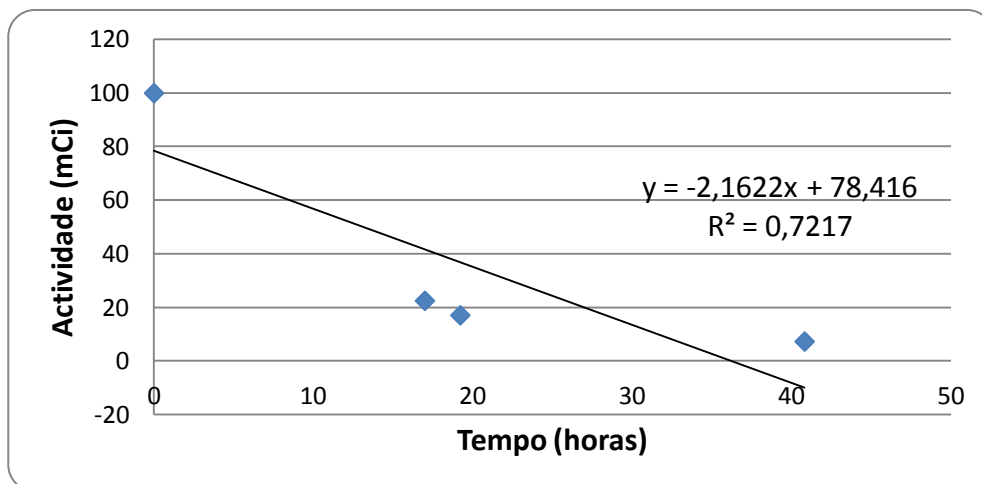


Figura 3.73 – Actividade em função do tempo para o paciente A13, zona da tiróide.

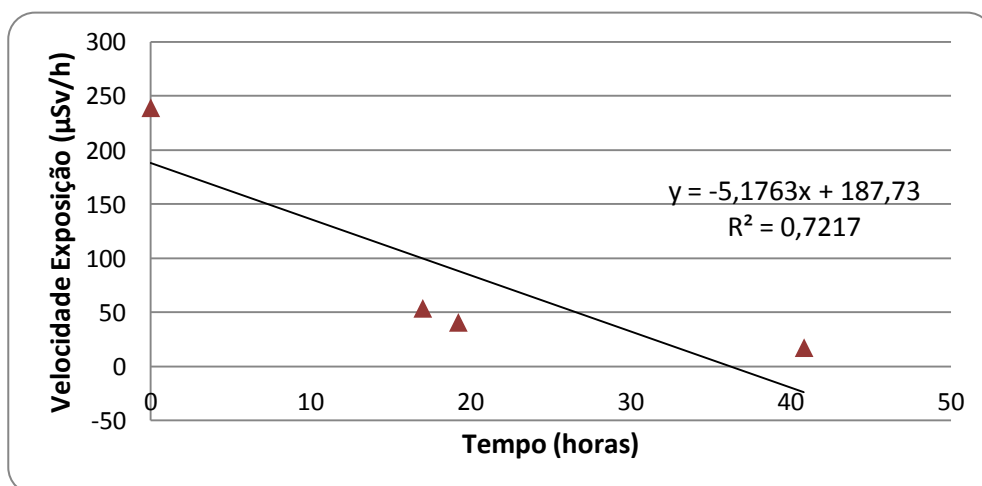


Figura 3.74 – Velocidade exposição em função do tempo para o paciente A13, zona da tiróide.

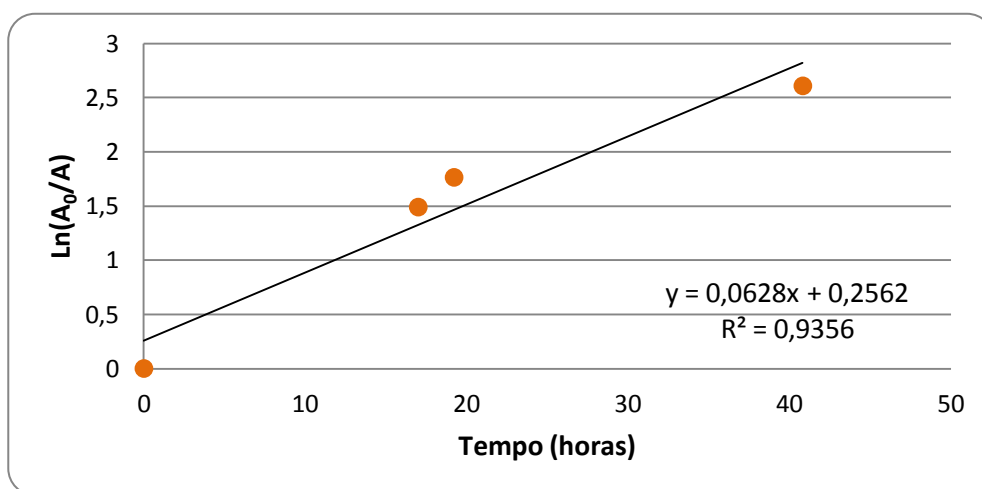


Figura 3.75 – Logaritmo da razão da actividade inicial com a actividade em função do tempo, para o paciente A13, zona da tiróide.

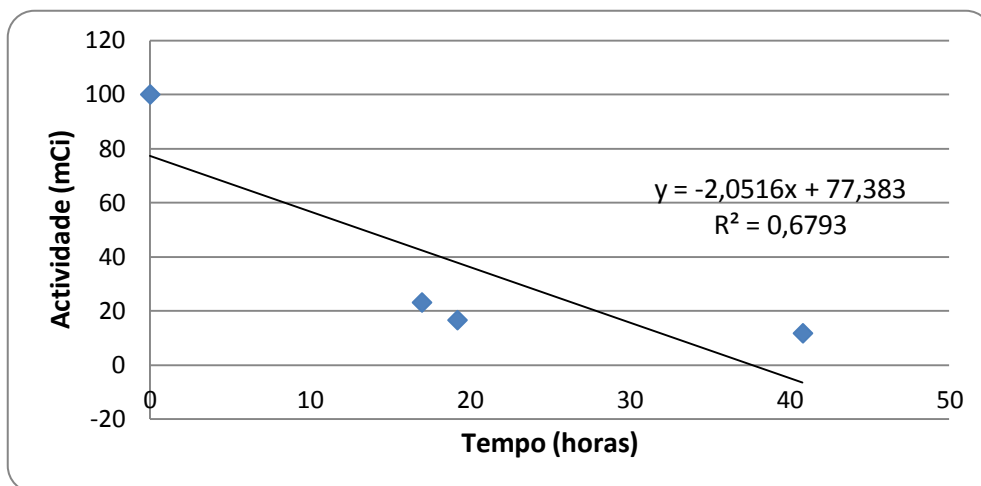


Figura 3.76 – Actividade em função do tempo para o paciente A13, zona da bexiga.

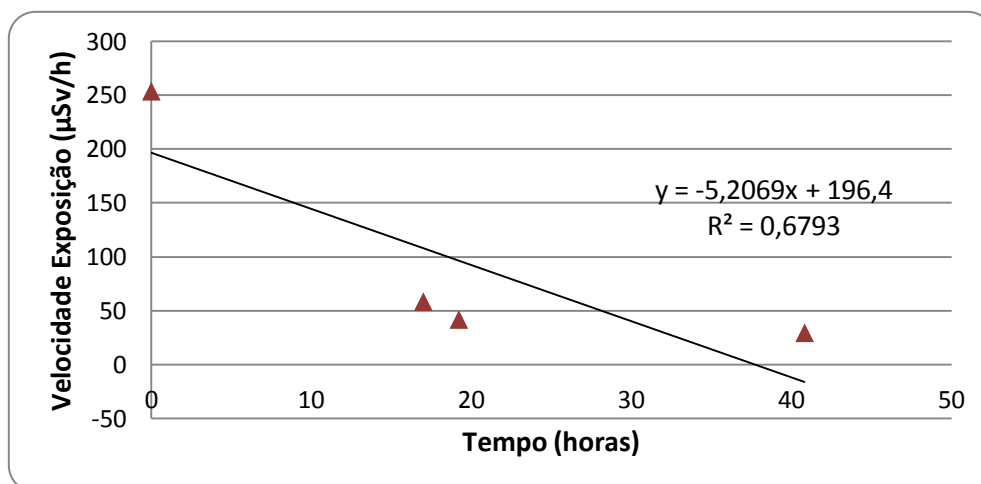


Figura 3.77 – Velocidade exposição em função do tempo para o paciente A13, zona da bexiga.

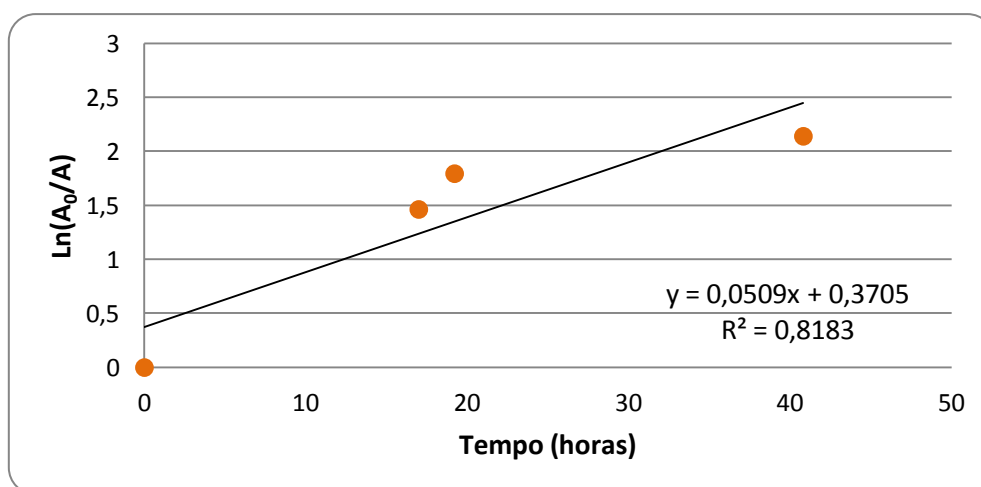


Figura 3.78 – Logaritmo da razão da actividade inicial com a actividade em função do tempo, para o paciente A13, zona da bexiga.

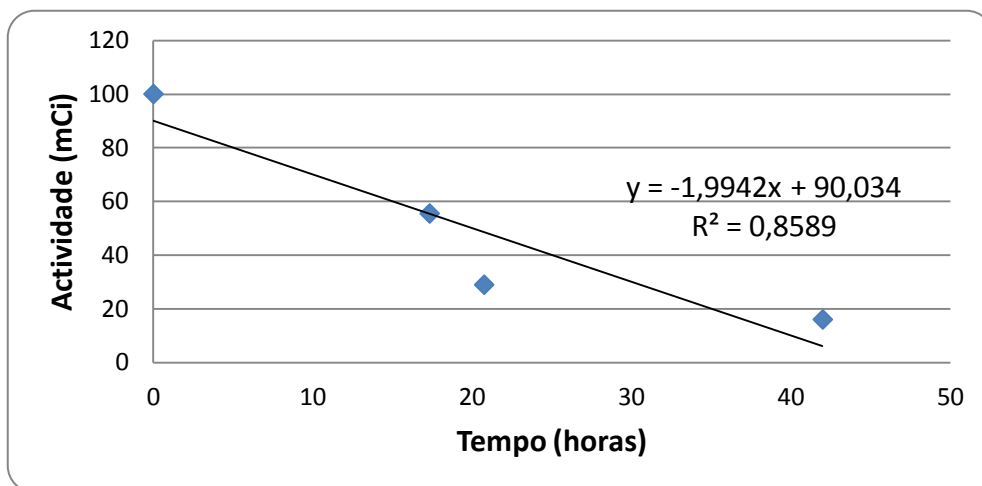


Figura 3.79 – Actividade em função do tempo para o paciente A14, zona da tiróide.

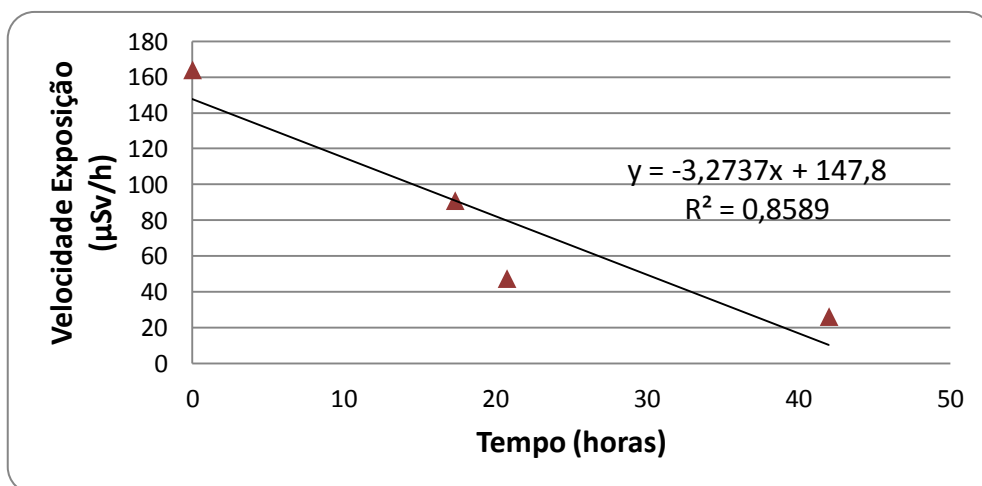


Figura 3.80 – Velocidade exposição em função do tempo para o paciente A14, zona da tiróide.

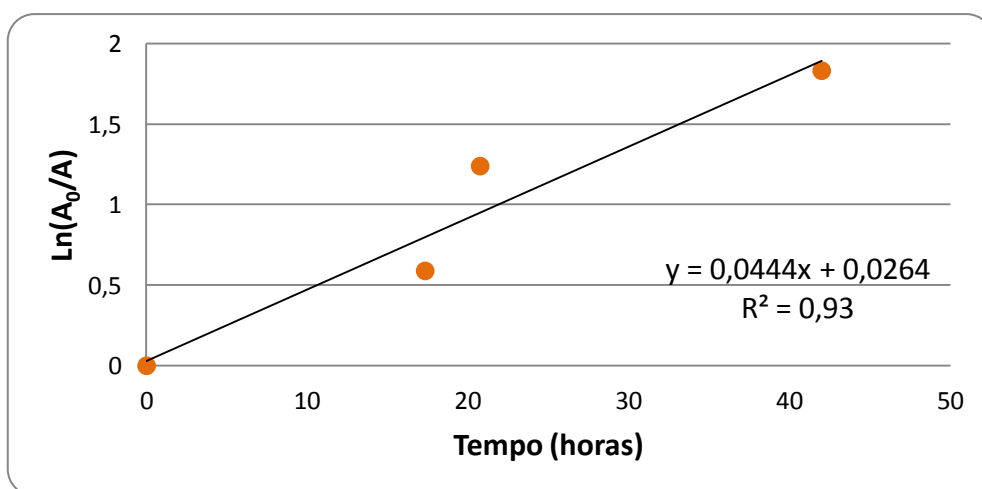


Figura 3.81 – Logaritmo da razão da actividade inicial com a actividade em função do tempo, para o paciente A14, zona da tiróide.

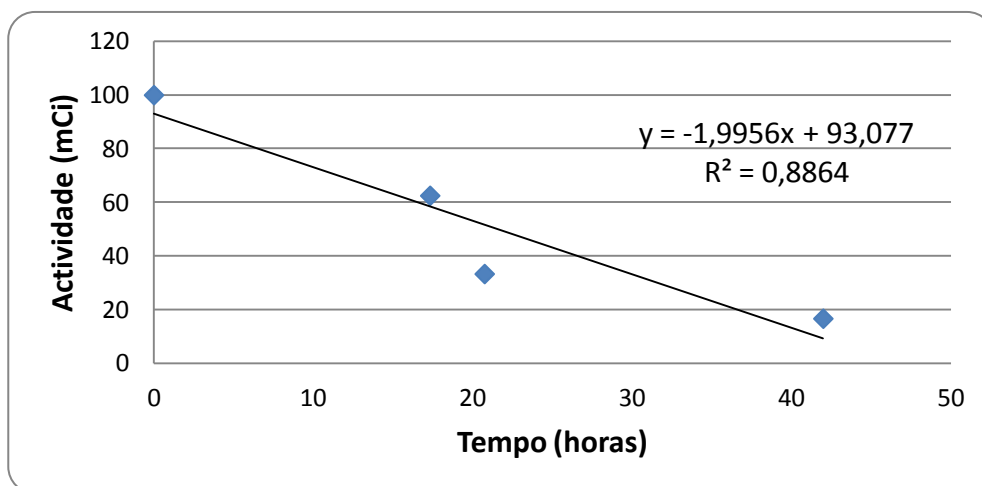


Figura 3.82 – Actividade em função do tempo para o paciente A14, zona da bexiga.

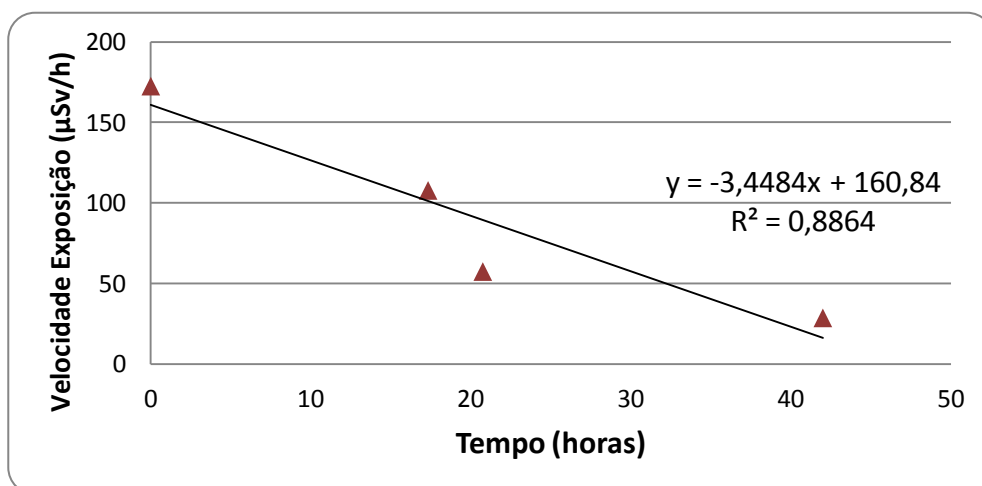


Figura 3.83 – Velocidade exposição em função do tempo para o paciente A14, zona da bexiga.

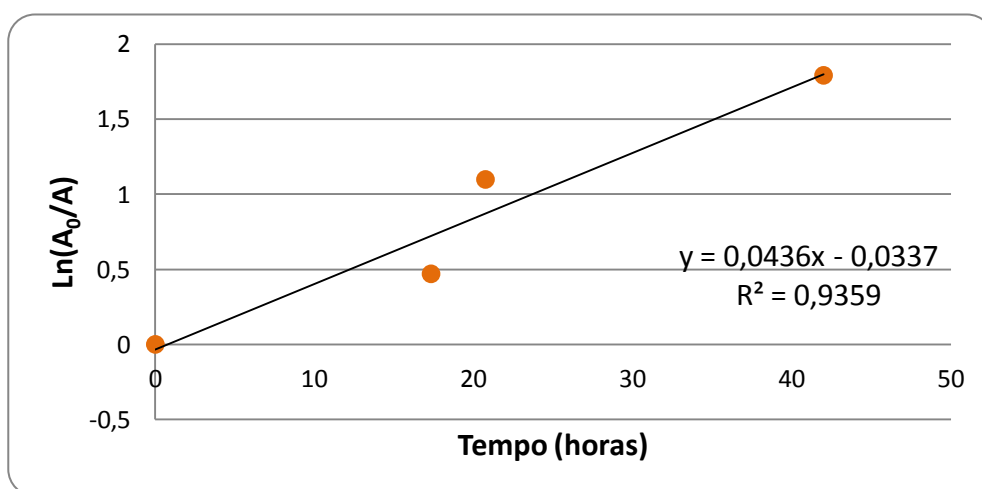


Figura 3.84 – Logaritmo da razão da actividade inicial com a actividade em função do tempo, para o paciente A14, zona da bexiga.

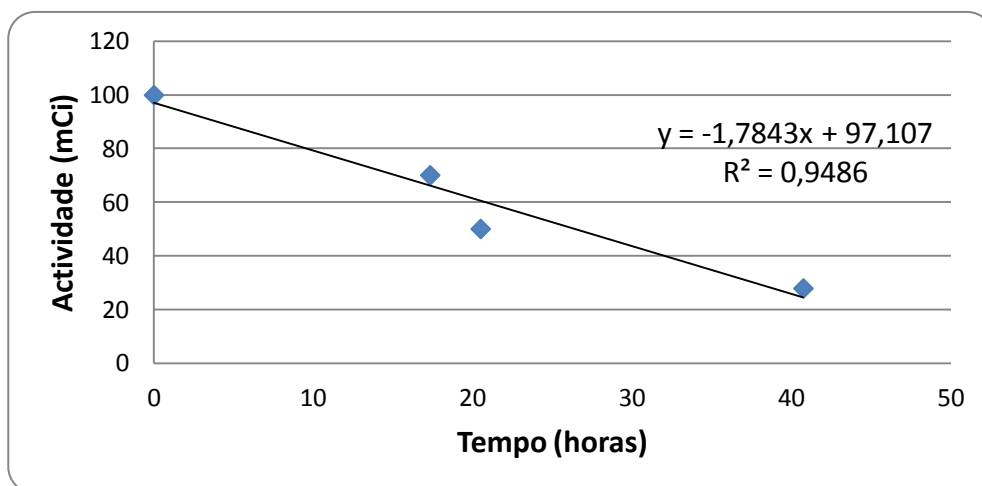


Figura 3.85 – Actividade em função do tempo para o paciente A15, zona da tiróide.

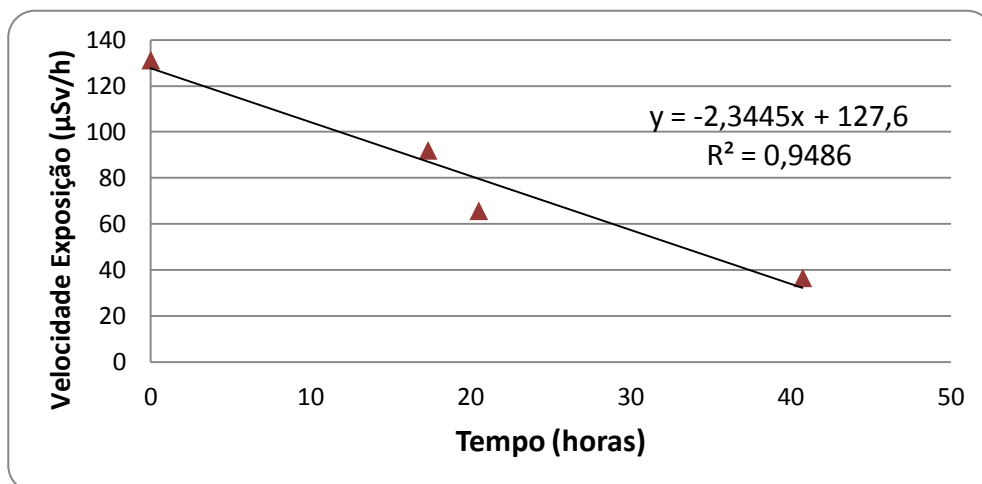


Figura 3.86 – Velocidade exposição em função do tempo para o paciente A15, zona da tiróide.

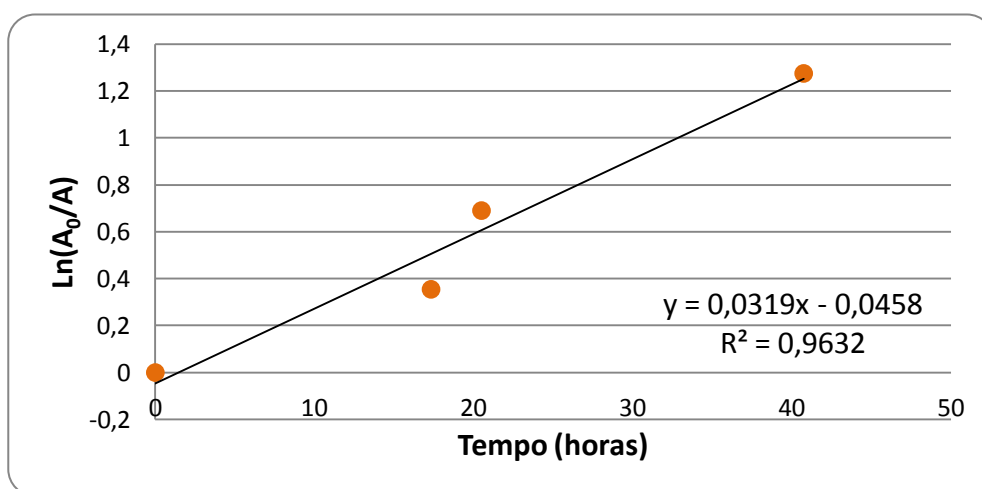


Figura 3.87 – Logaritmo da razão da actividade inicial com a actividade em função do tempo, para o paciente A15, zona da tiróide.

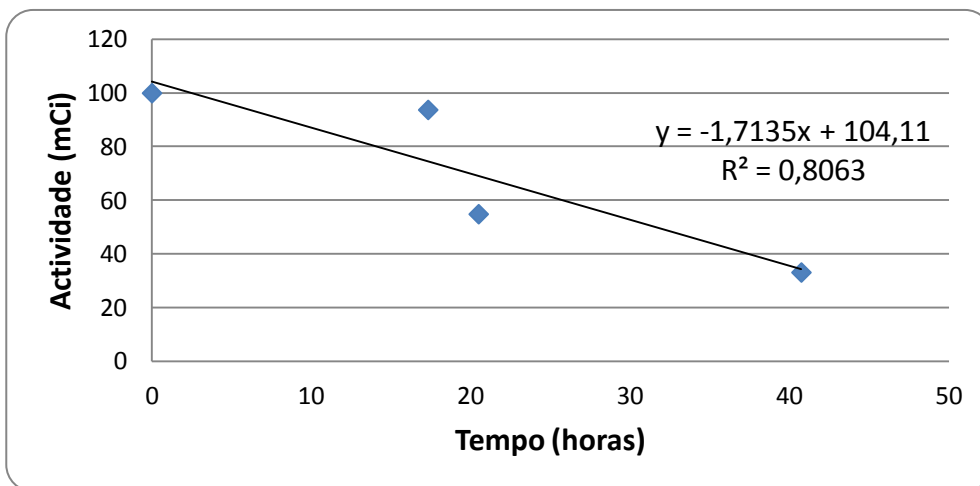


Figura 3.88 – Actividade em função do tempo para o paciente A15, zona da bexiga.

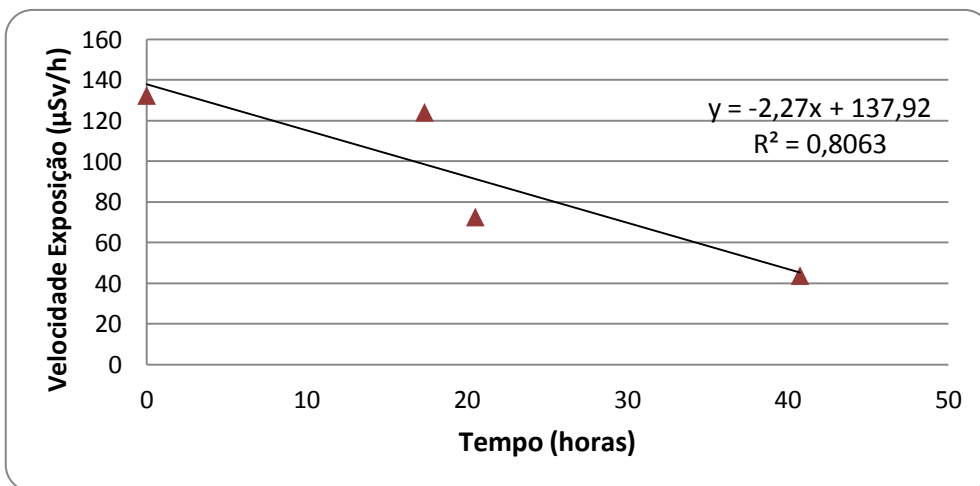


Figura 3.89 – Velocidade exposição em função do tempo para o paciente A15, zona da bexiga.

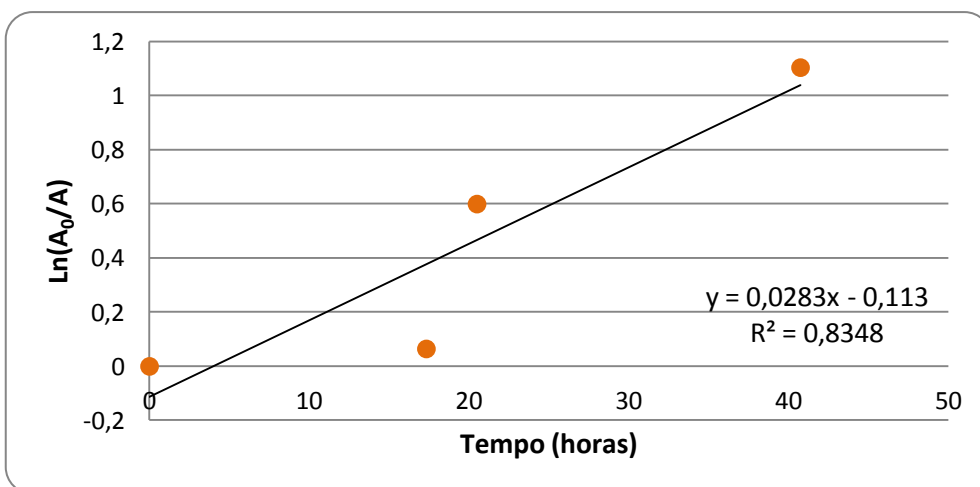


Figura 3.90 – Logaritmo da razão da actividade inicial com a actividade em função do tempo, para o paciente A15, zona da bexiga.

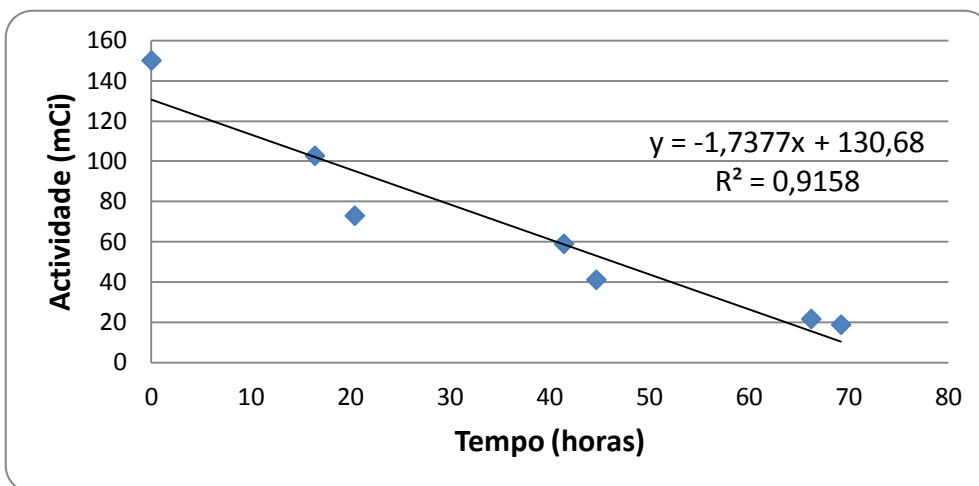


Figura 3.91 – Actividade em função do tempo para o paciente A16, zona da tiróide.

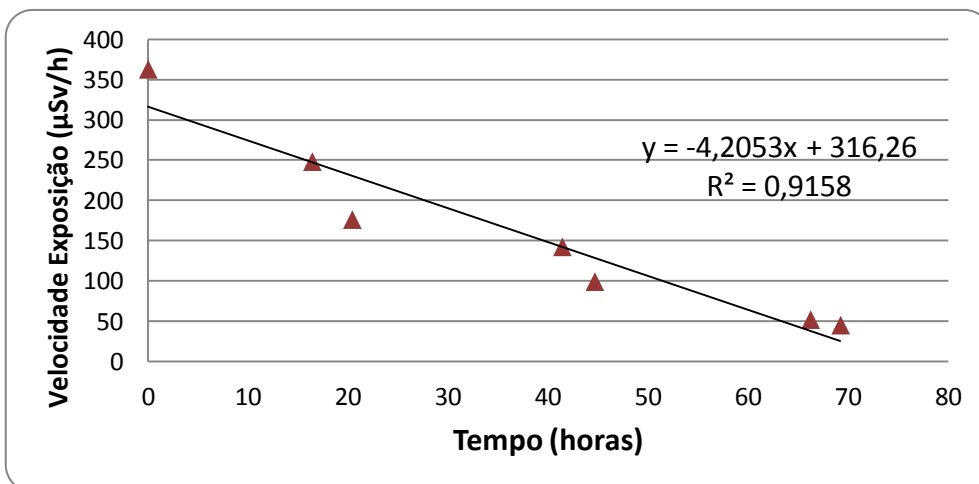


Figura 3.92 – Velocidade exposição em função do tempo para o paciente A16, zona da tiróide.

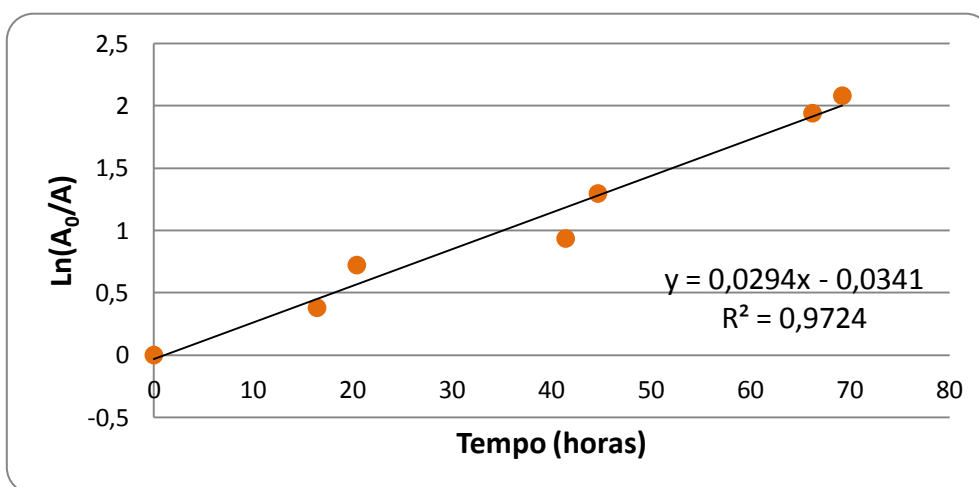


Figura 3.93 – Logaritmo da razão da actividade inicial com a actividade em função do tempo, para o paciente A15, zona da tiróide.

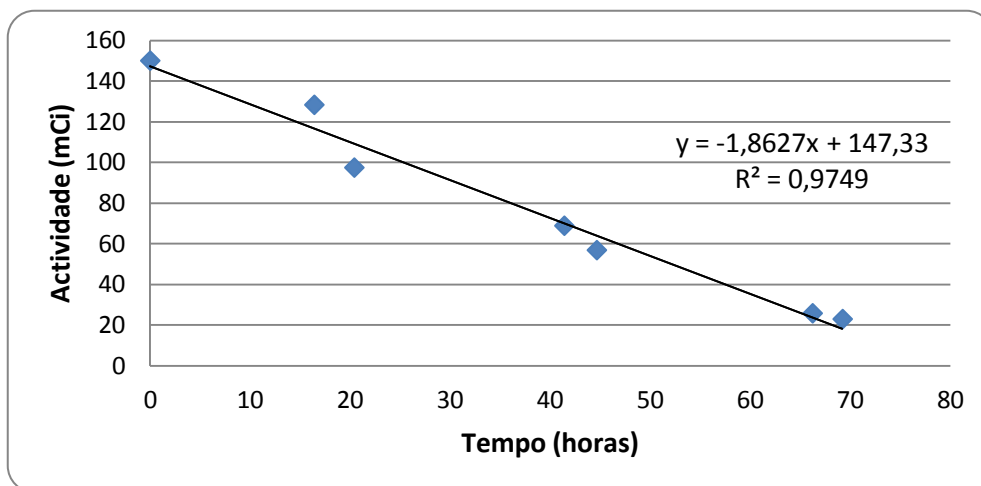


Figura 3.94 – Actividade em função do tempo para o paciente A16, zona da bexiga.

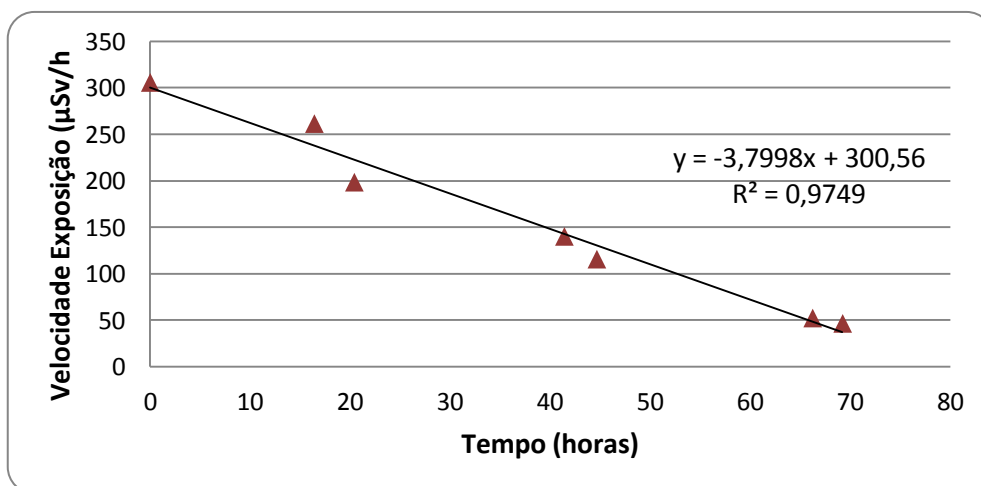


Figura 3.95 – Velocidade exposição em função do tempo para o paciente A16, zona da bexiga.

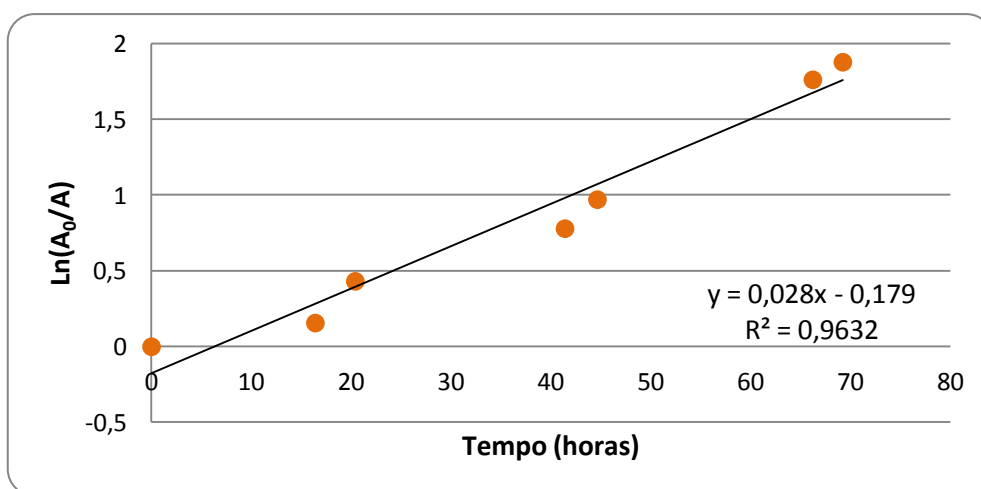


Figura 3.96 – Logaritmo da razão da actividade inicial com a actividade em função do tempo, para o paciente A15, zona da bexiga.

Apêndice IV

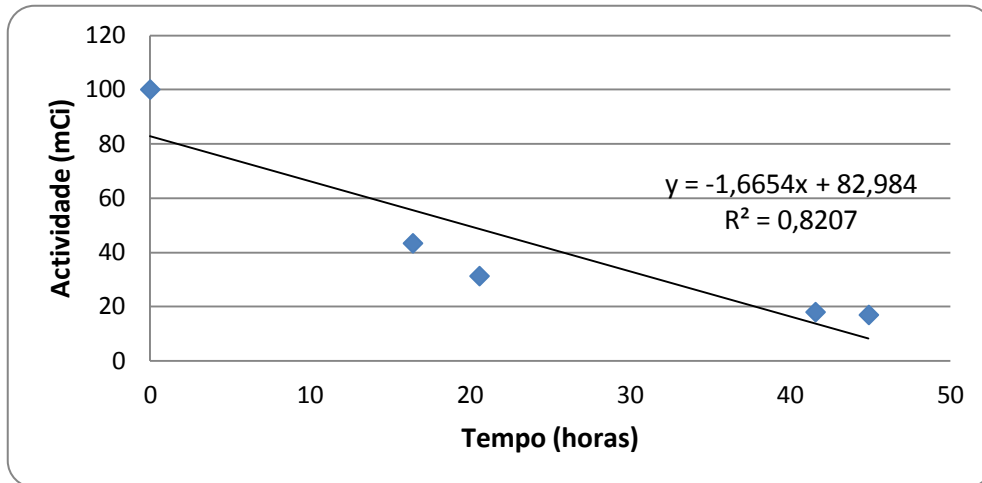


Figura 4.1 – Actividade em função do tempo para o paciente B1, zona da tiróide.

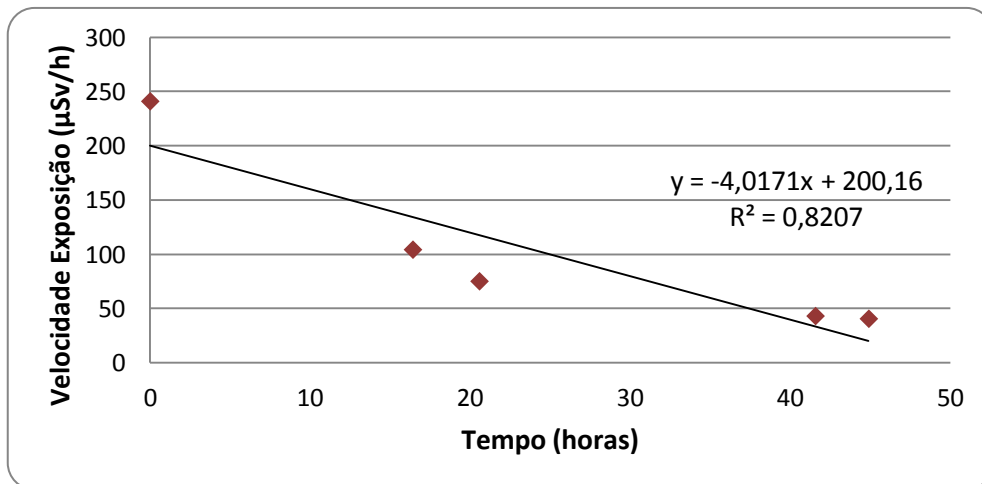


Figura 4.2 – Velocidade exposição em função do tempo para o paciente B1, zona da tiróide.

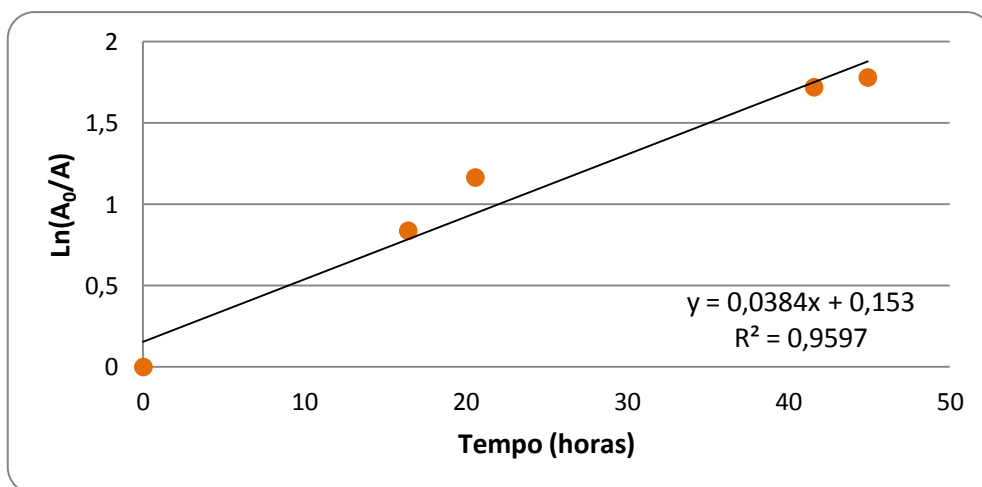


Figura 4.3 – Logaritmo da razão da actividade inicial com a actividade em função do tempo, para o paciente B1, zona da tiróide.

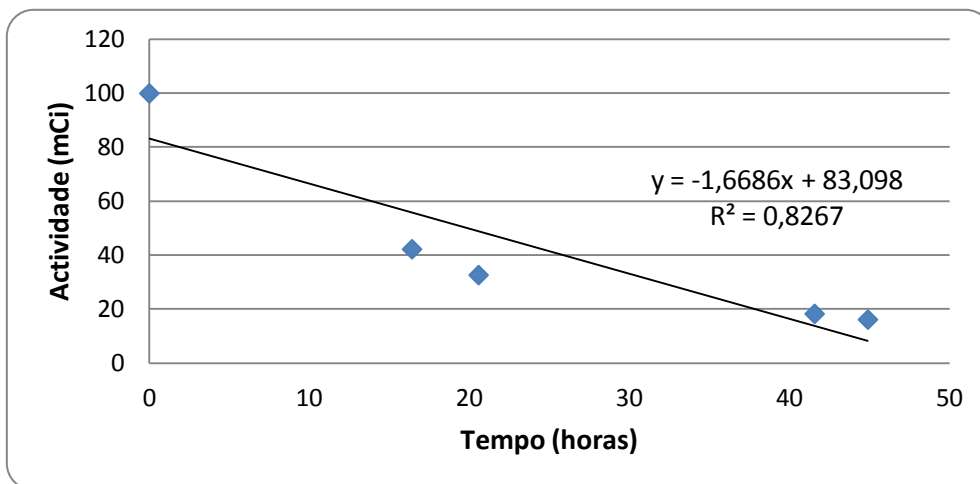


Figura 4.4 – Actividade em função do tempo para o paciente B1, zona da bexiga.

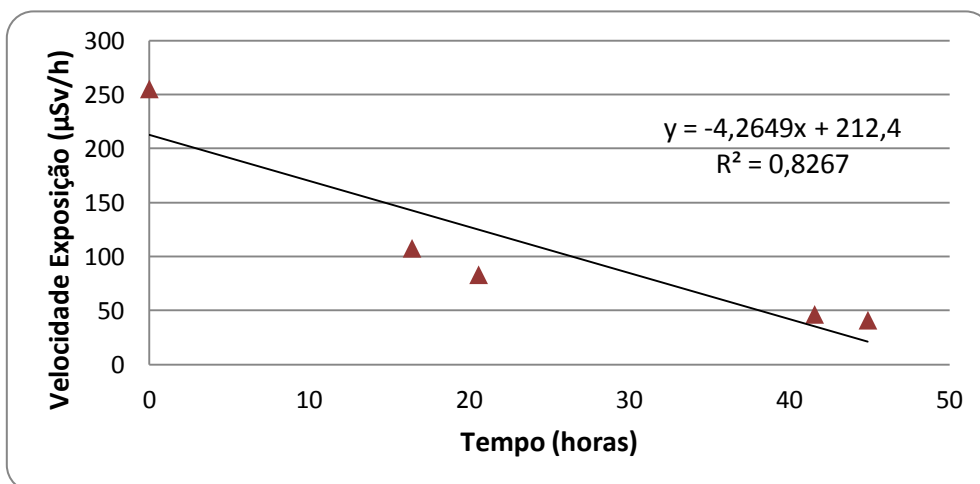


Figura 4.5 – Velocidade exposição em função do tempo para o paciente B1, zona da bexiga.

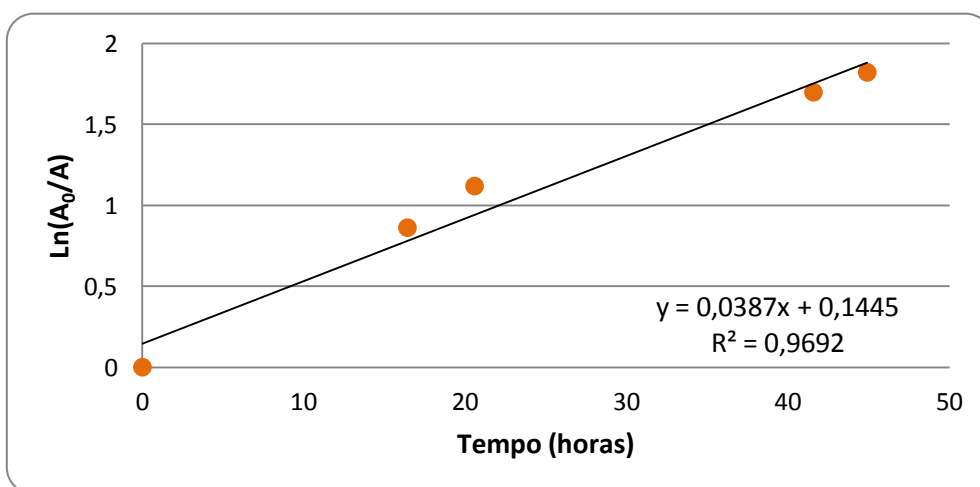


Figura 4.6 – Logaritmo da razão da actividade inicial com a actividade em função do tempo, para o paciente B1, zona da bexiga.

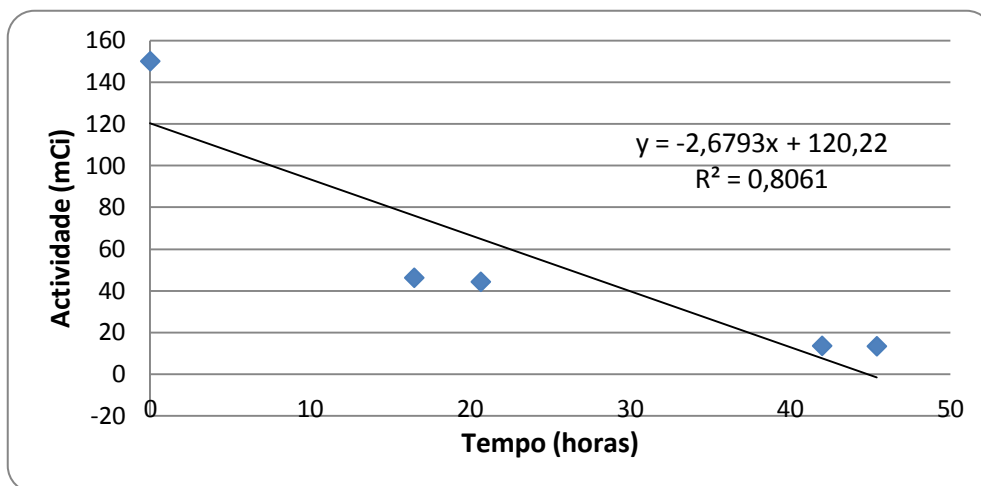


Figura 4.7 – Actividade em função do tempo para o paciente B2, zona da tiróide.

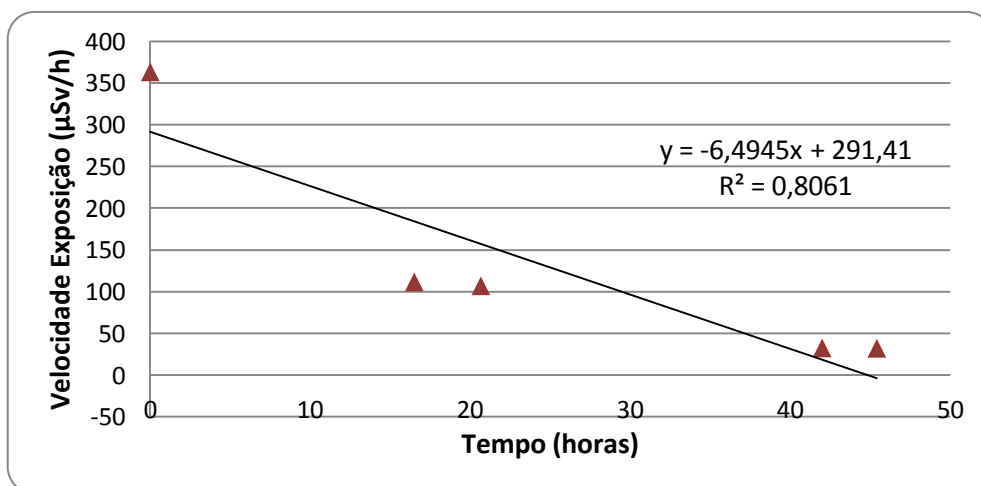


Figura 4.8 – Velocidade exposição em função do tempo para o paciente B2, zona da tiróide.

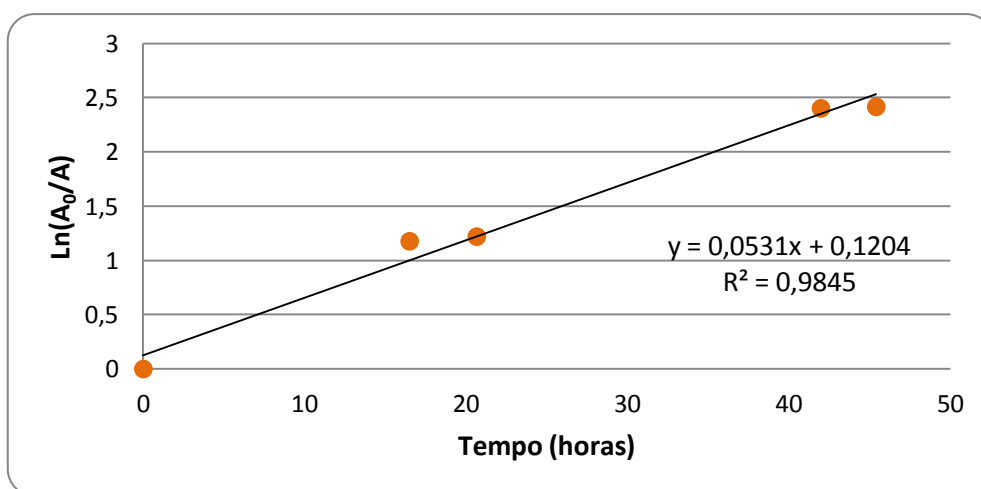


Figura 4.9 – Logaritmo da razão da actividade inicial com a actividade em função do tempo, para o paciente B2, zona da tiróide.

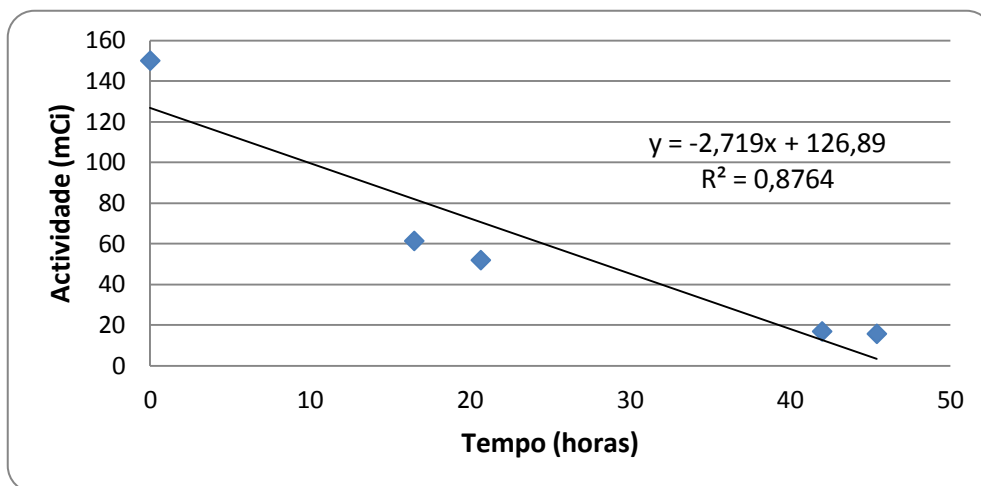


Figura 4.10 – Actividade em função do tempo para o paciente B2, zona da bexiga.

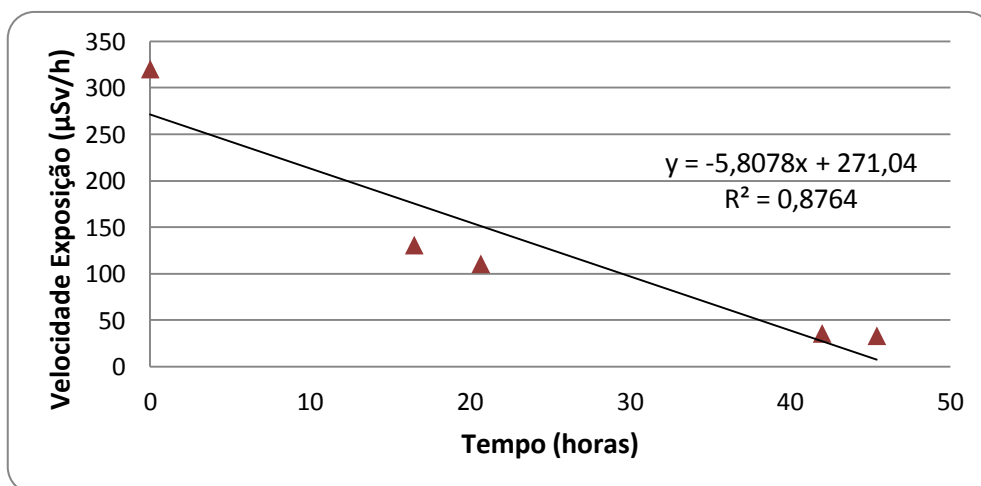


Figura 4.11 – Velocidade exposição em função do tempo para o paciente B2, zona da bexiga.

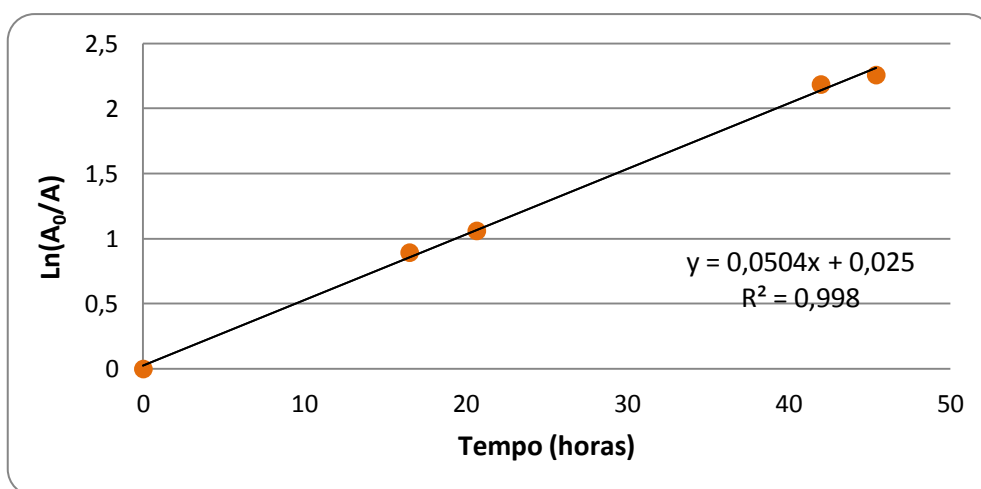


Figura 4.12 – Logaritmo da razão da actividade inicial com a actividade em função do tempo, para o paciente B2, zona da bexiga.

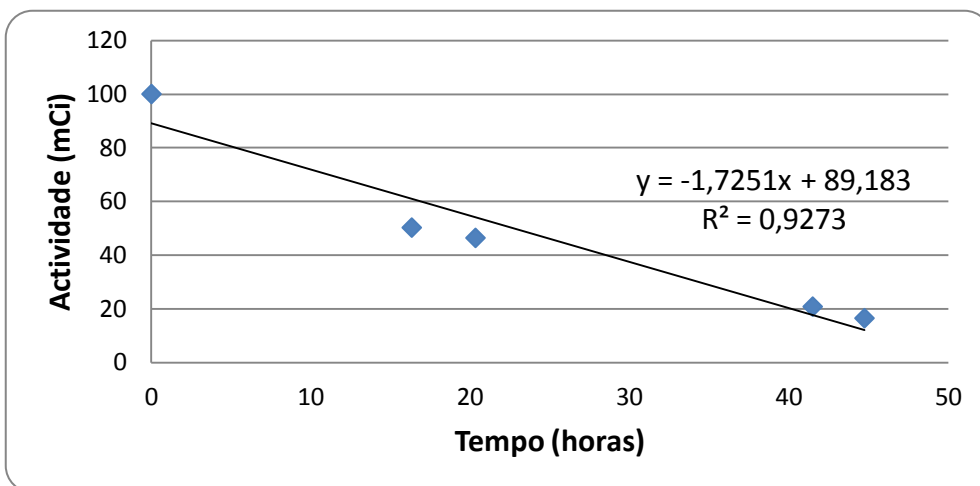


Figura 4.13 – Actividade em função do tempo para o paciente B3, zona da tiróide.

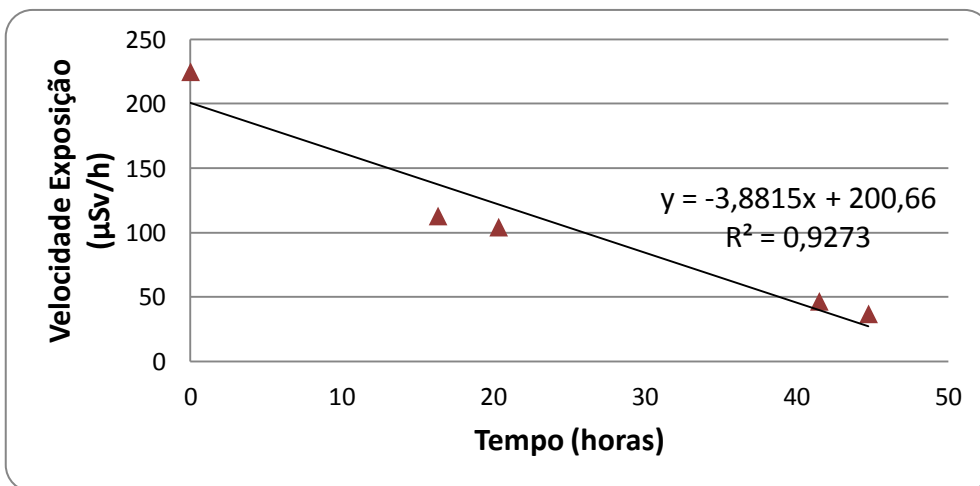


Figura 4.14 – Velocidade exposição em função do tempo para o paciente B3, zona da tiróide.

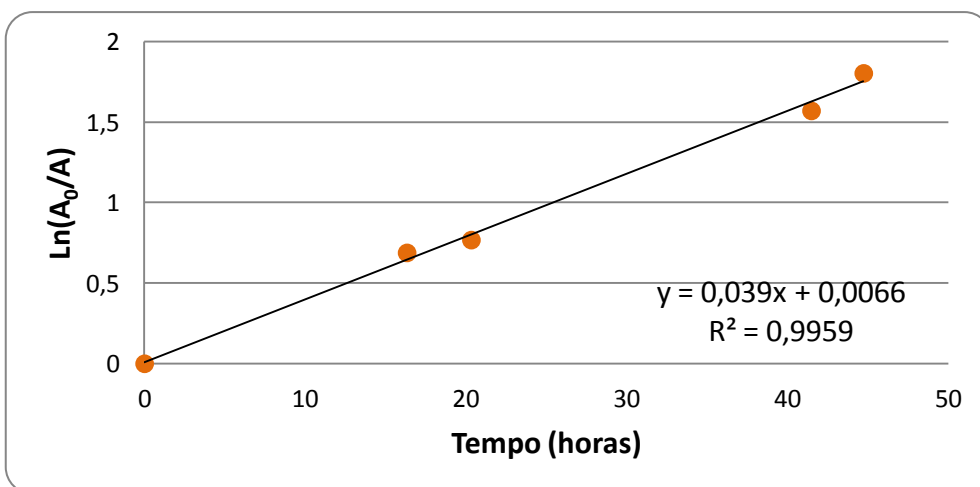


Figura 4.15 – Logaritmo da razão da actividade inicial com a actividade em função do tempo, para o paciente B3, zona da tiróide.

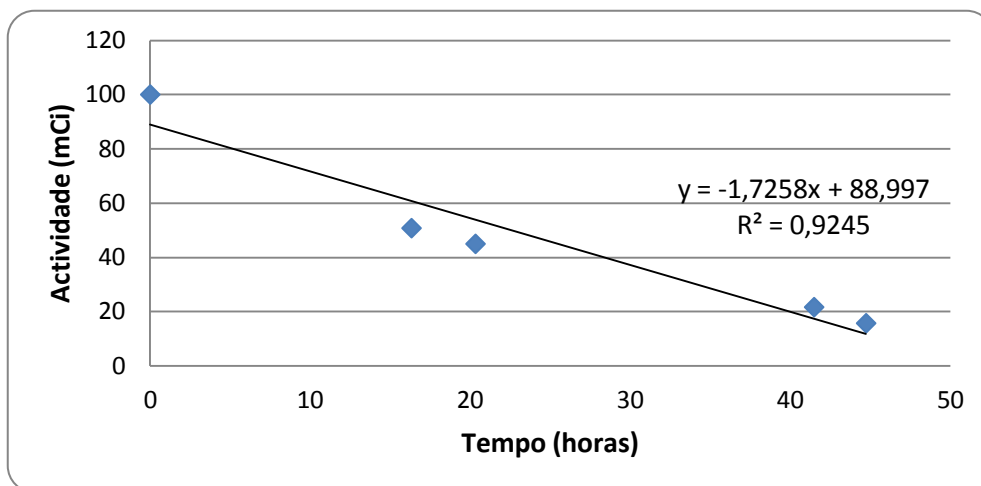


Figura 4.16 – Actividade em função do tempo para o paciente B3, zona da bexiga.

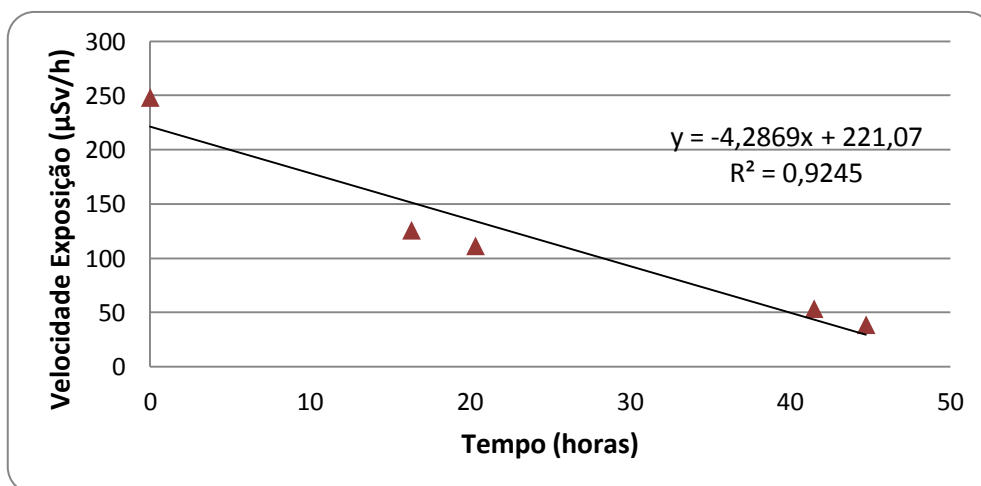


Figura 4.17 – Velocidade exposição em função do tempo para o paciente B3, zona da bexiga.

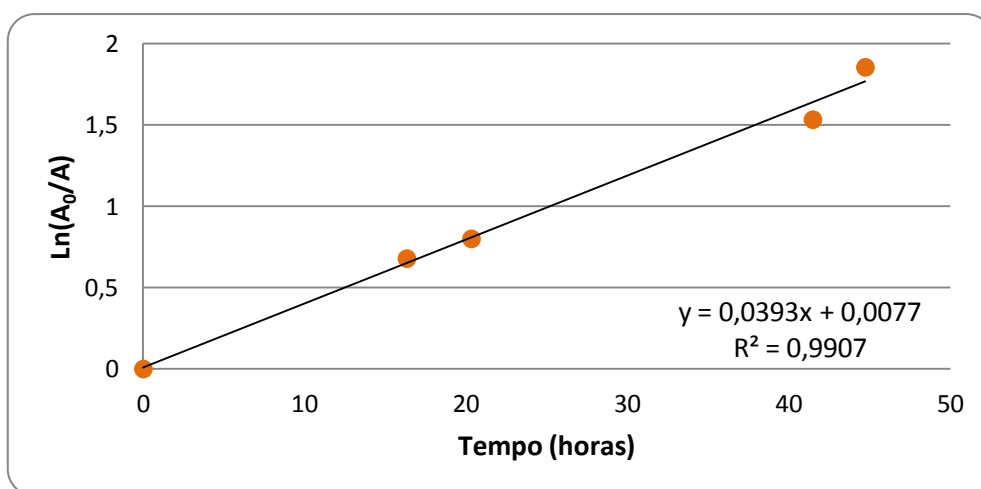


Figura 4.18 – Logaritmo da razão da actividade inicial com a actividade em função do tempo, para o paciente B3, zona da bexiga.

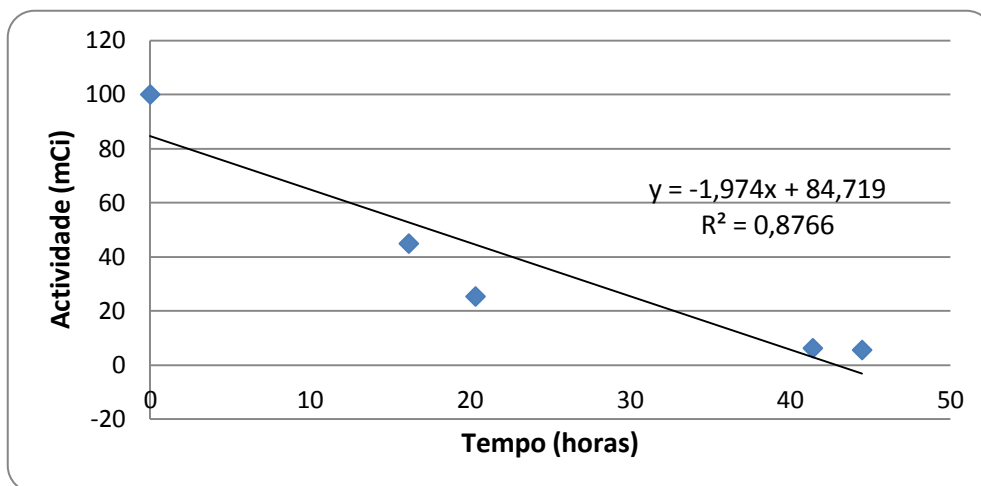


Figura 4.19 – Actividade em função do tempo para o paciente B4, zona da tiróide.

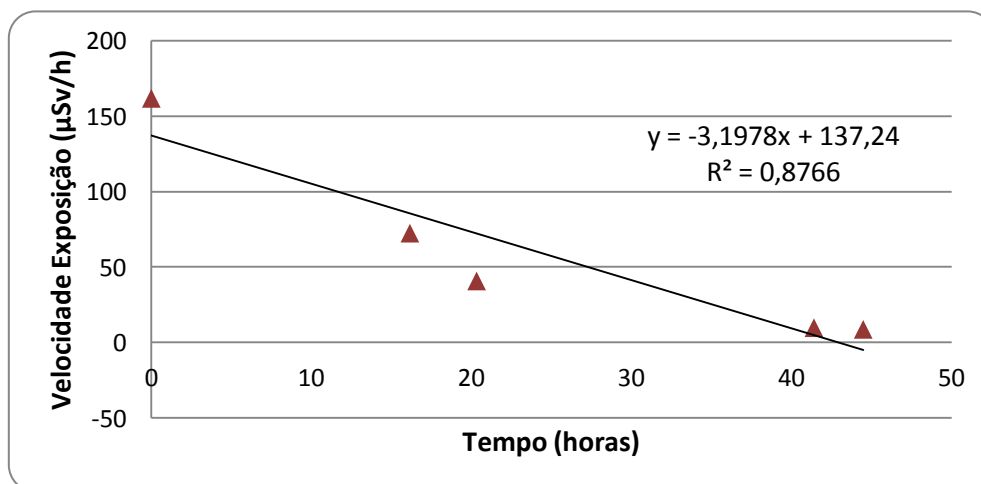


Figura 4.20 – Velocidade exposição em função do tempo para o paciente B4, zona da tiróide.

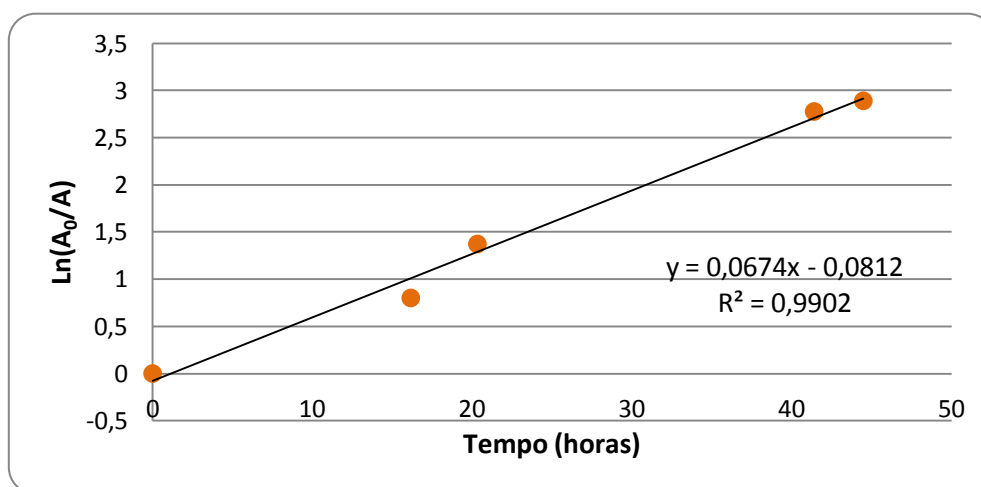


Figura 4.21 – Logaritmo da razão da actividade inicial com a actividade em função do tempo, para o paciente B4, zona da tiróide.

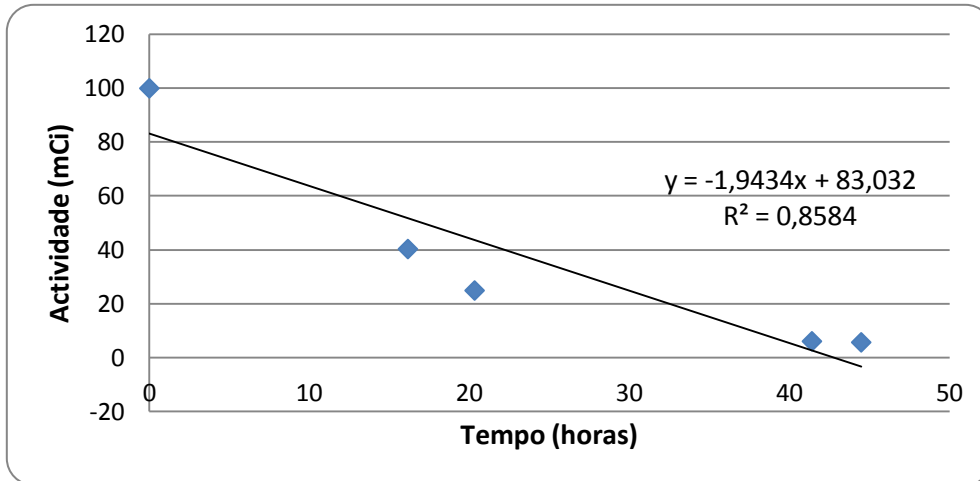


Figura 4.22 – Actividade em função do tempo para o paciente B4, zona da bexiga.

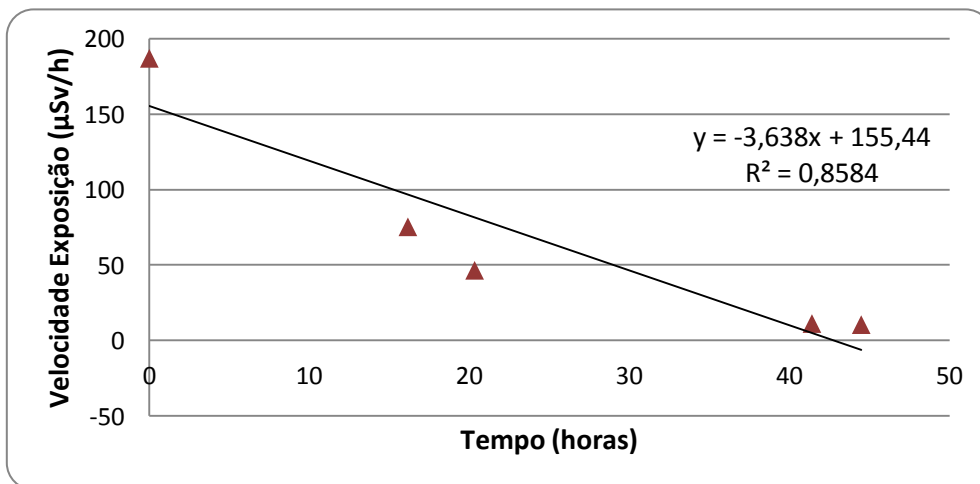


Figura 4.23 – Velocidade exposição em função do tempo para o paciente B4, zona da bexiga.

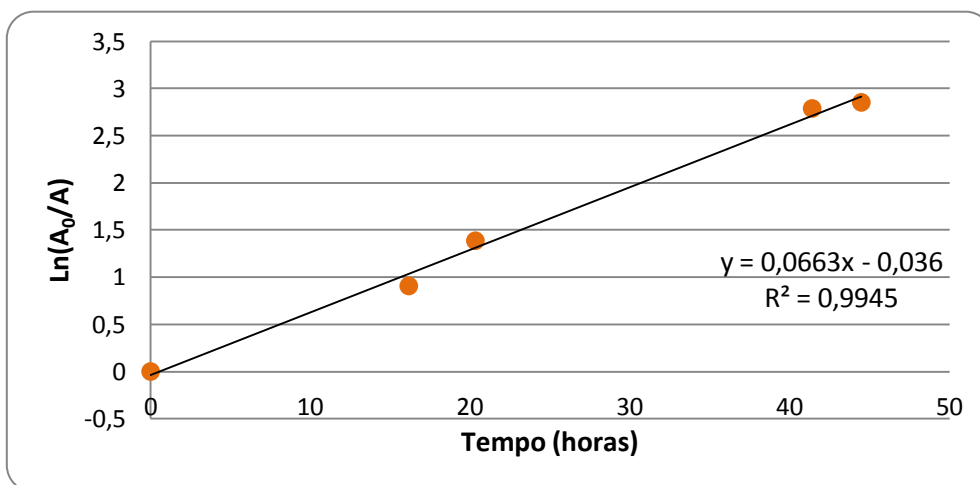


Figura 4.24 – Logaritmo da razão da actividade inicial com a actividade em função do tempo, para o paciente B4, zona da bexiga.

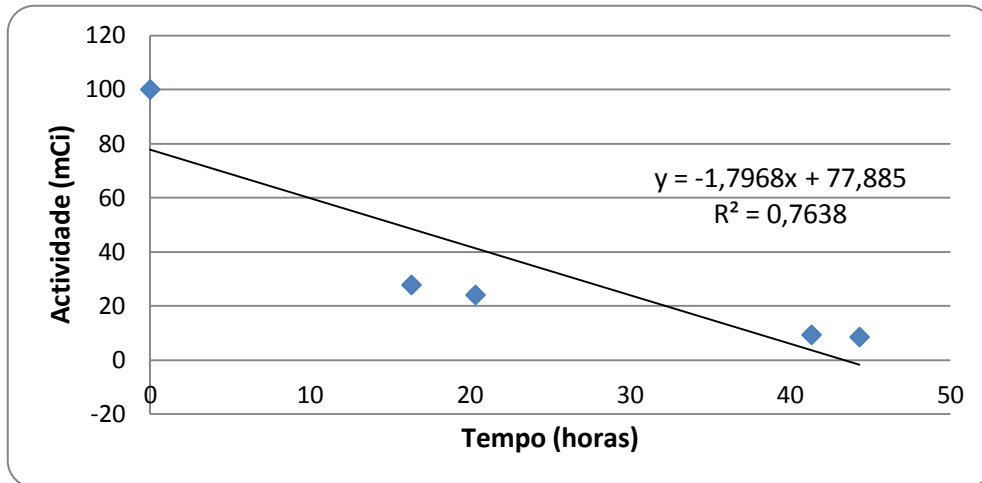


Figura 4.25 – Actividade em função do tempo para o paciente B5, zona da tiróide.

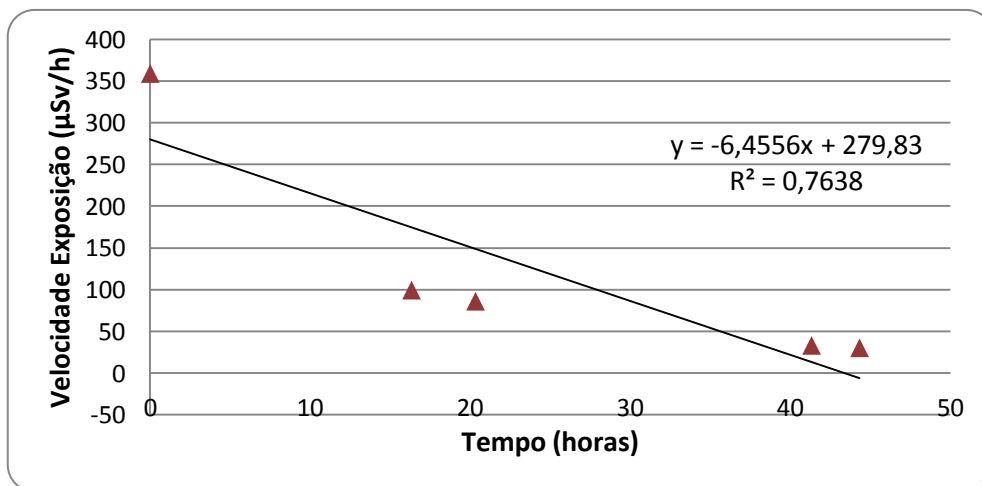


Figura 4.26 – Velocidade exposição em função do tempo para o paciente B5, zona da tiróide.

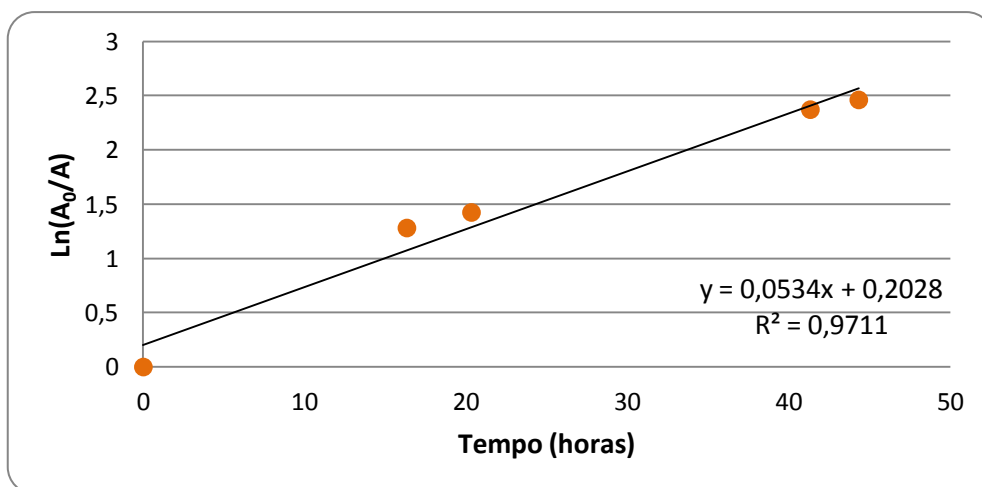


Figura 4.27 – Logaritmo da razão da actividade inicial com a actividade em função do tempo, para o paciente B5, zona da tiróide.

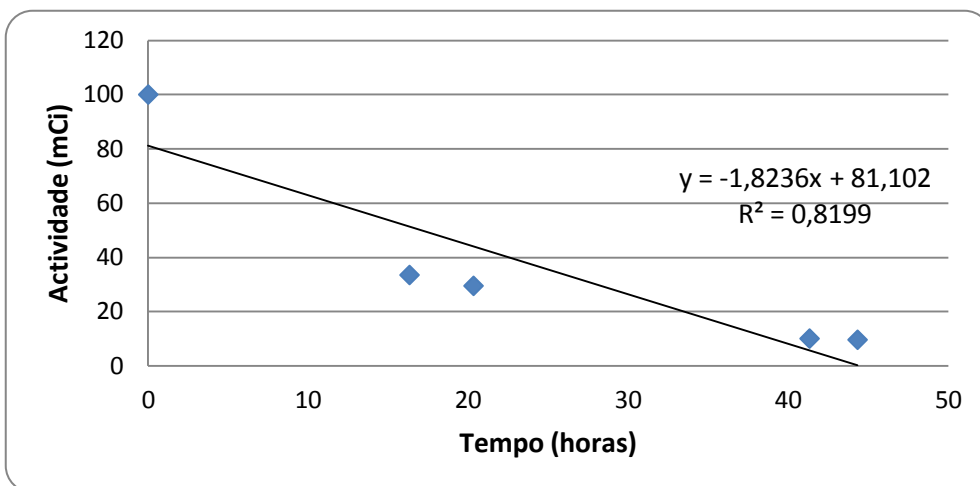


Figura 4.28 – Actividade em função do tempo para o paciente B5, zona da bexiga.

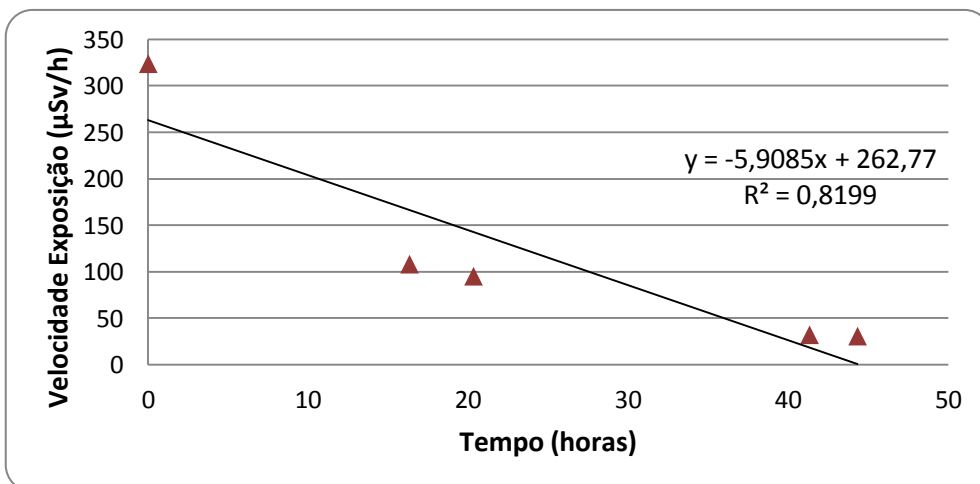


Figura 4.29 – Velocidade exposição em função do tempo para o paciente B5, zona da bexiga.

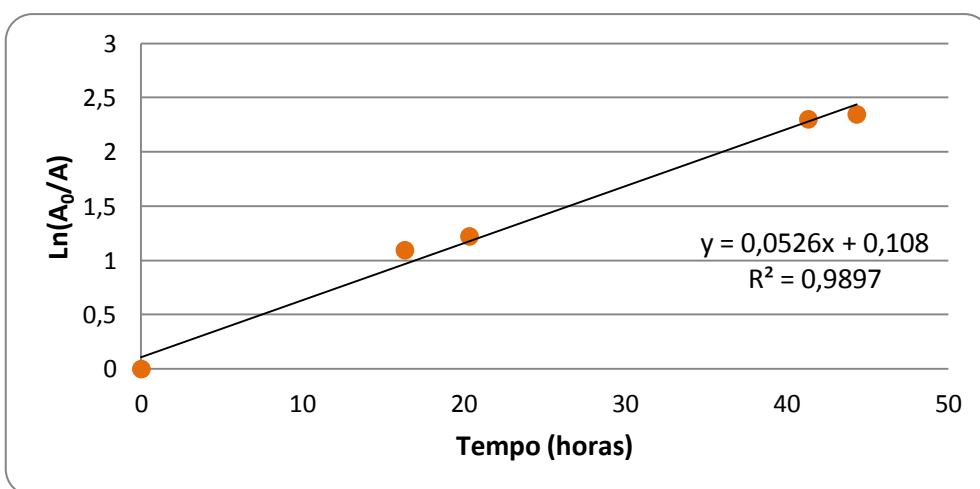


Figura 4.30 – Logaritmo da razão da actividade inicial com a actividade em função do tempo, para o paciente B5, zona da bexiga.

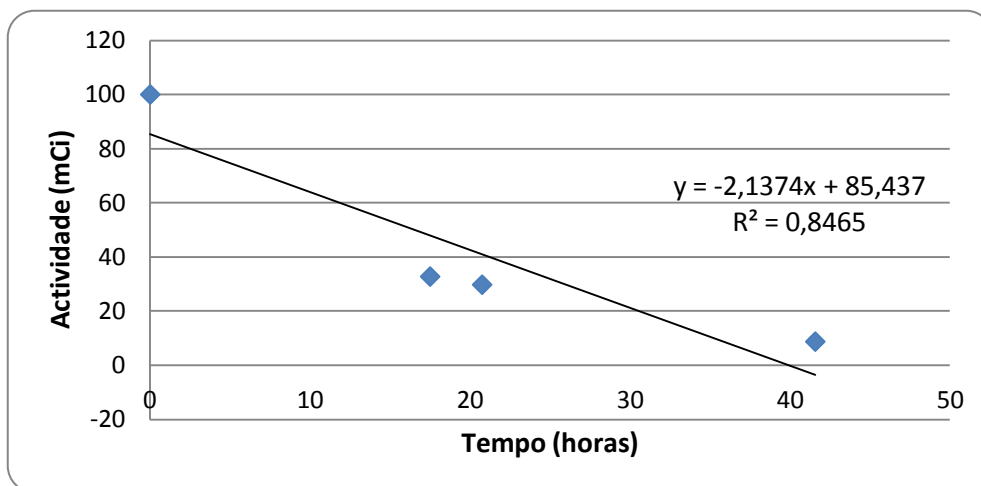


Figura 4.31 – Actividade em função do tempo para o paciente B6, zona da tiróide.

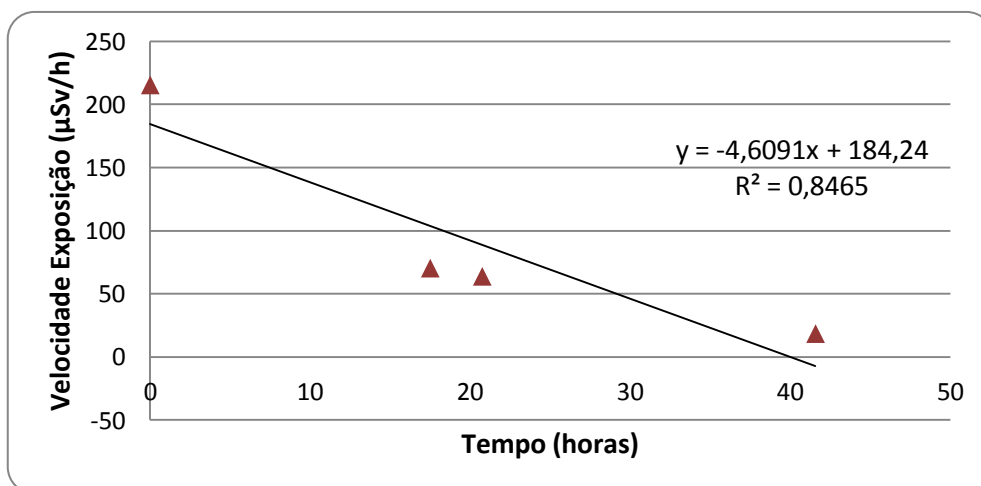


Figura 4.32 – Velocidade exposição em função do tempo para o paciente B6, zona da tiróide.

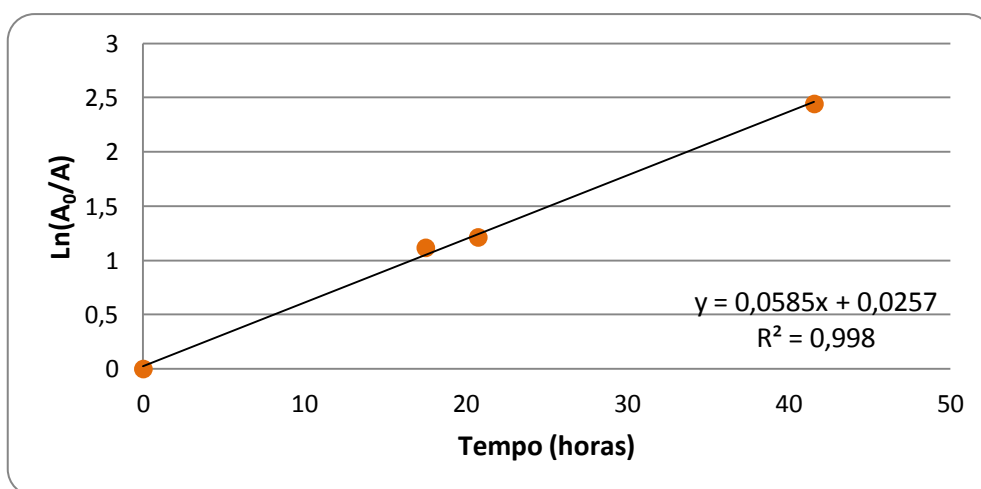


Figura 4.33 – Logaritmo da razão da actividade inicial com a actividade em função do tempo, para o paciente B6, zona da tiróide.

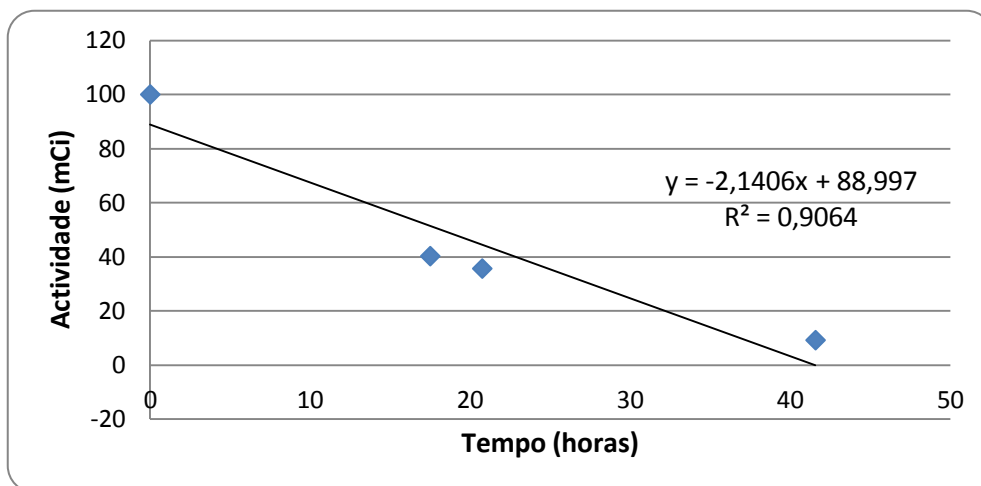


Figura 4.34 – Actividade em função do tempo para o paciente B6, zona da bexiga.

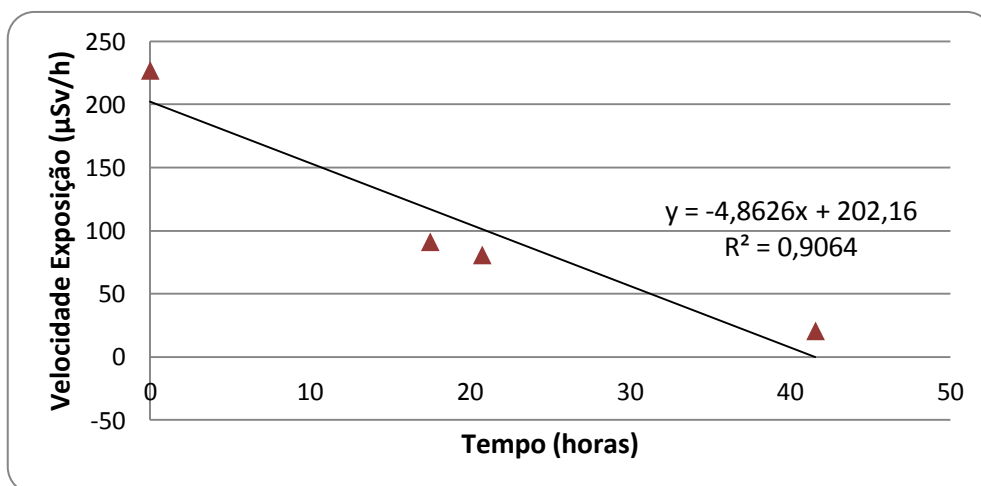


Figura 4.35 – Velocidade exposição em função do tempo para o paciente B6, zona da bexiga.

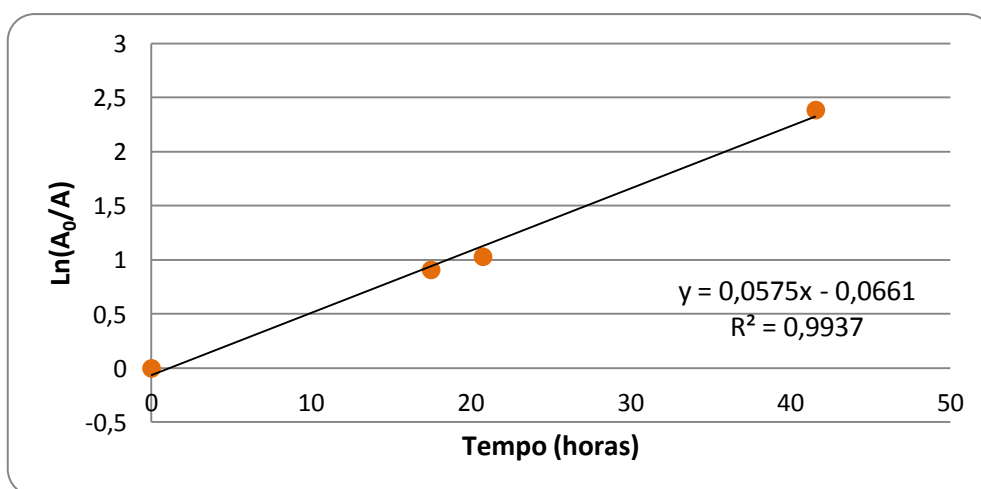


Figura 4.36 – Logaritmo da razão da actividade inicial com a actividade em função do tempo, para o paciente B6, zona da bexiga.

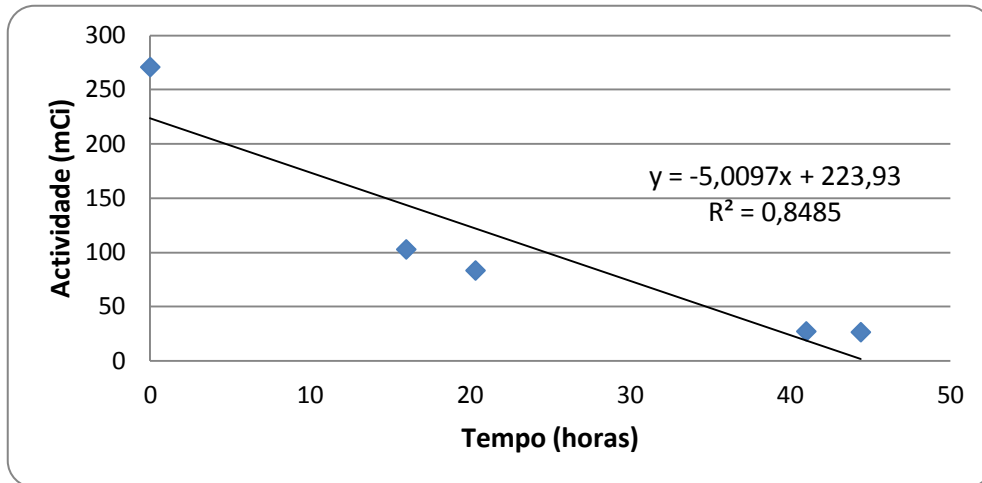


Figura 4.37 – Actividade em função do tempo para o paciente B7, zona da tiróide.

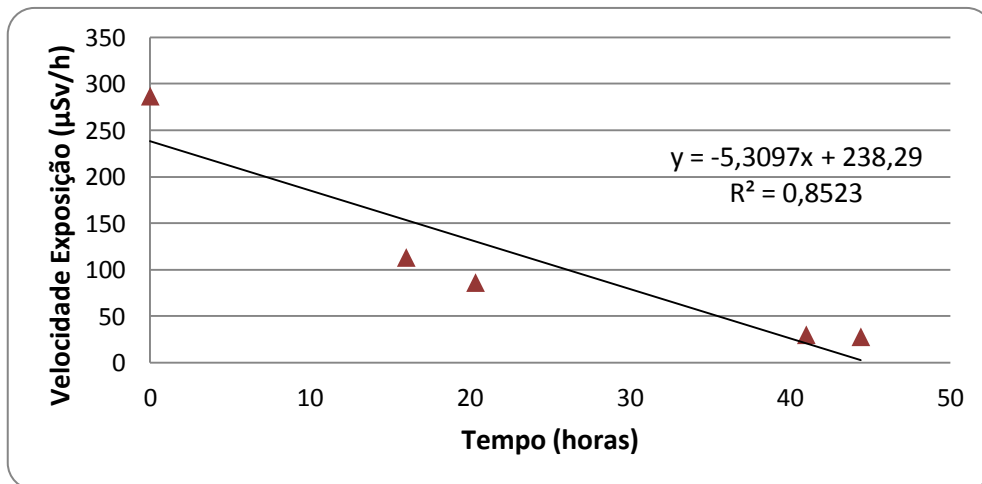


Figura 4.38 – Velocidade exposição em função do tempo para o paciente B7, zona da tiróide.

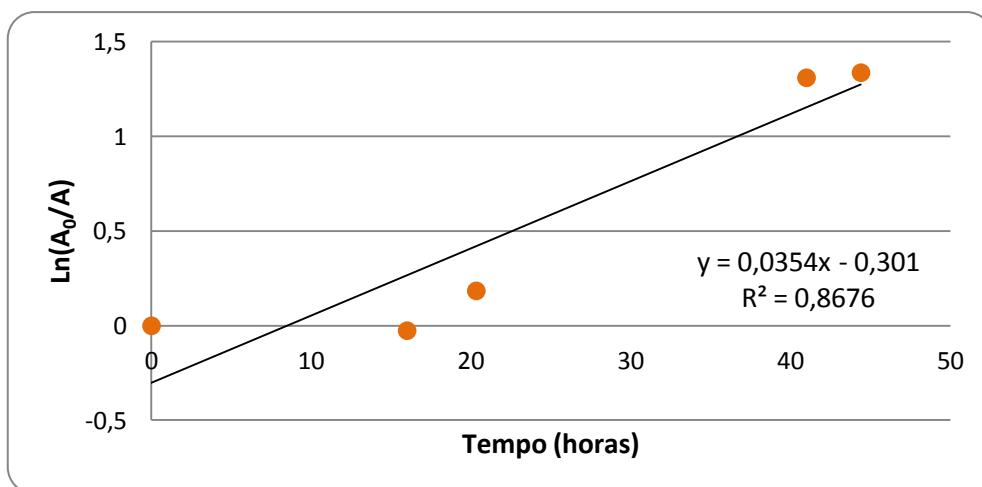


Figura 4.39 – Logaritmo da razão da actividade inicial com a actividade em função do tempo, para o paciente B7, zona da tiróide.

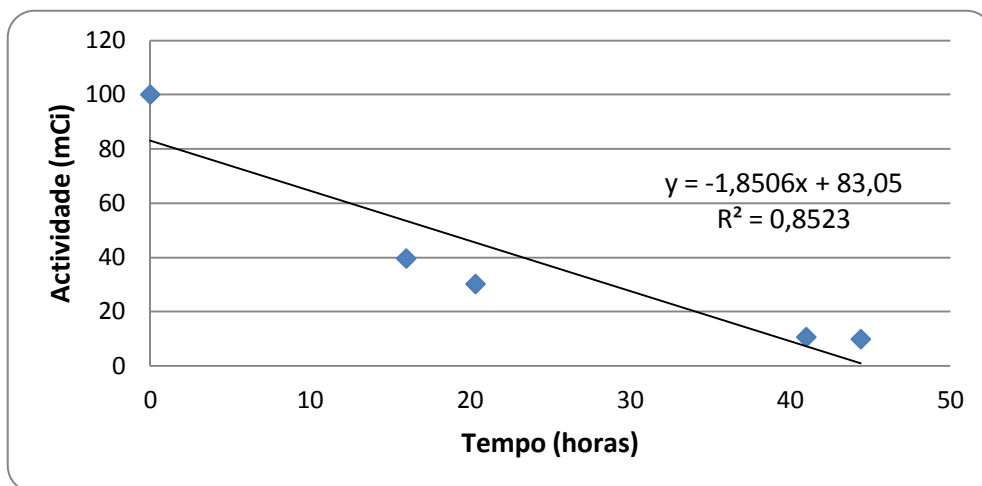


Figura 4.40 – Actividade em função do tempo para o paciente B7, zona da bexiga.

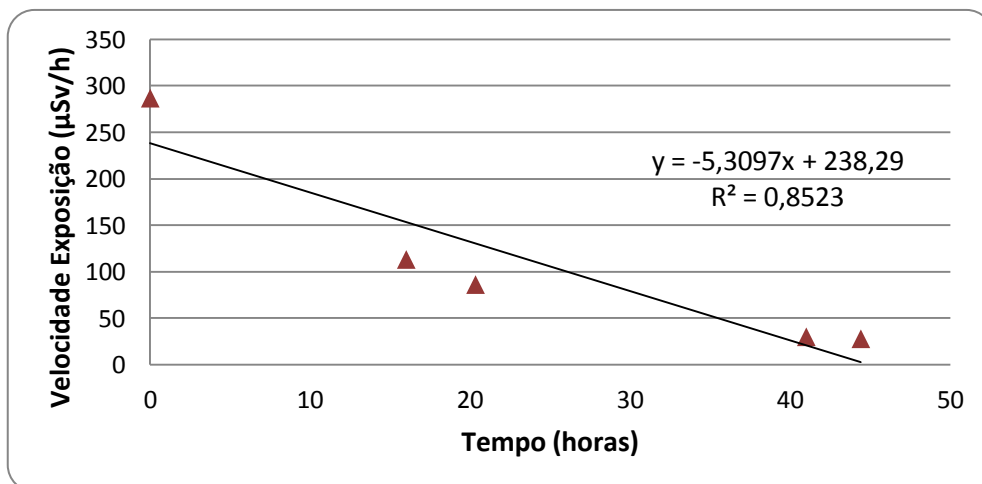


Figura 4.41 – Velocidade exposição em função do tempo para o paciente B7, zona da bexiga.

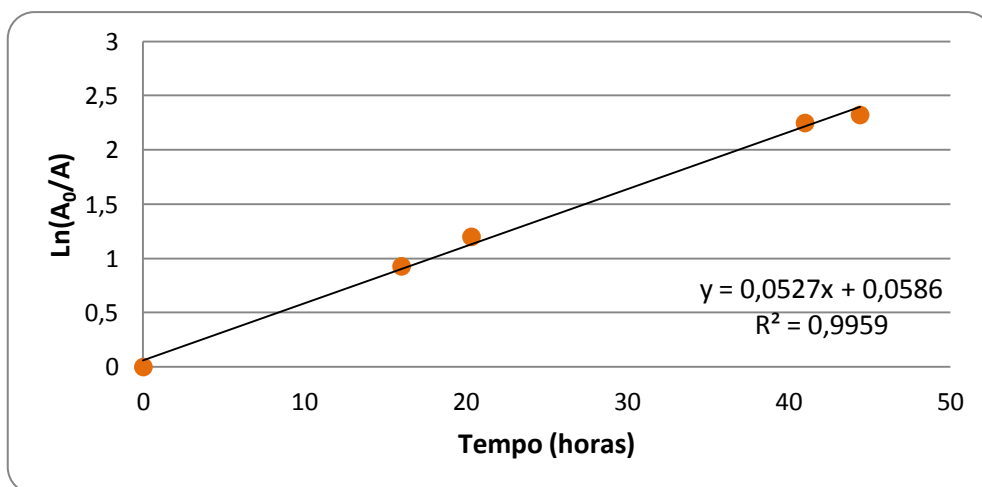


Figura 4.42 – Logaritmo da razão da actividade inicial com a actividade em função do tempo, para o paciente B7, zona da bexiga.

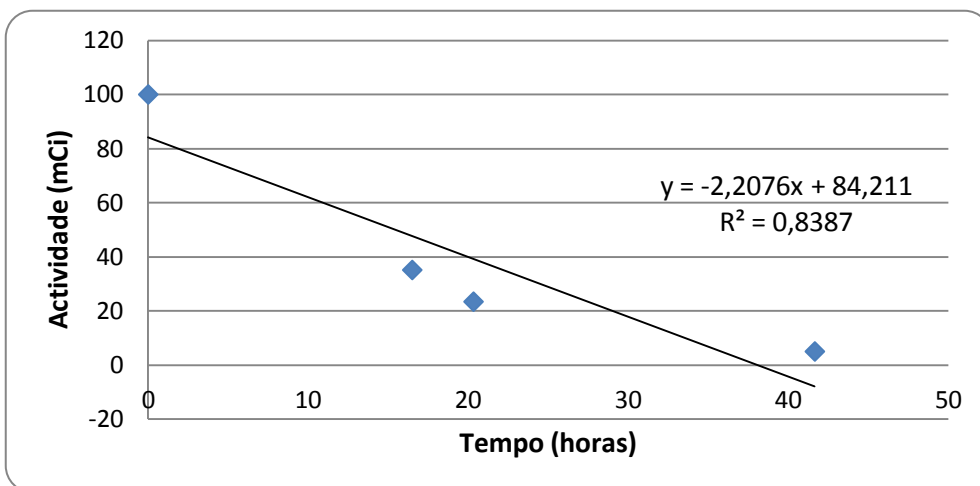


Figura 4.43 – Actividade em função do tempo para o paciente B8, zona da tiróide.

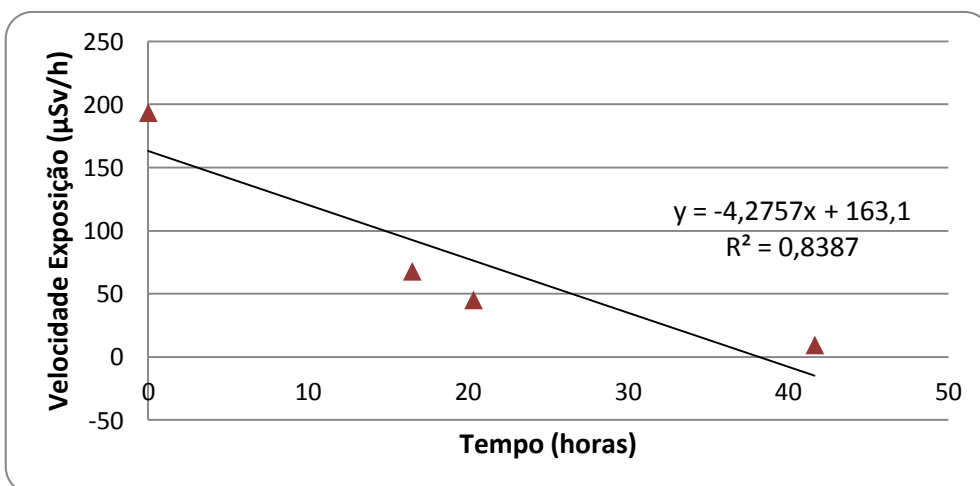


Figura 4.44 – Velocidade exposição em função do tempo para o paciente B8, zona da tiróide.

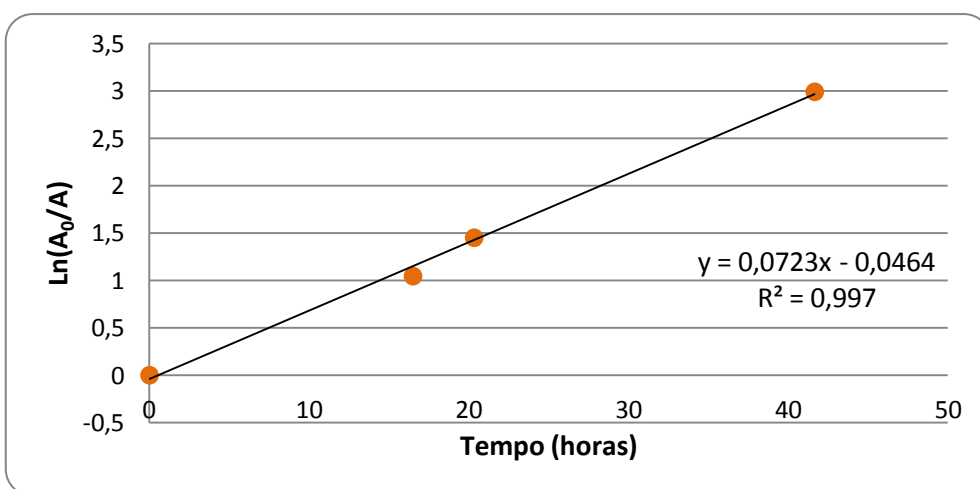


Figura 4.45 – Logaritmo da razão da actividade inicial com a actividade em função do tempo, para o paciente B8, zona da tiróide.

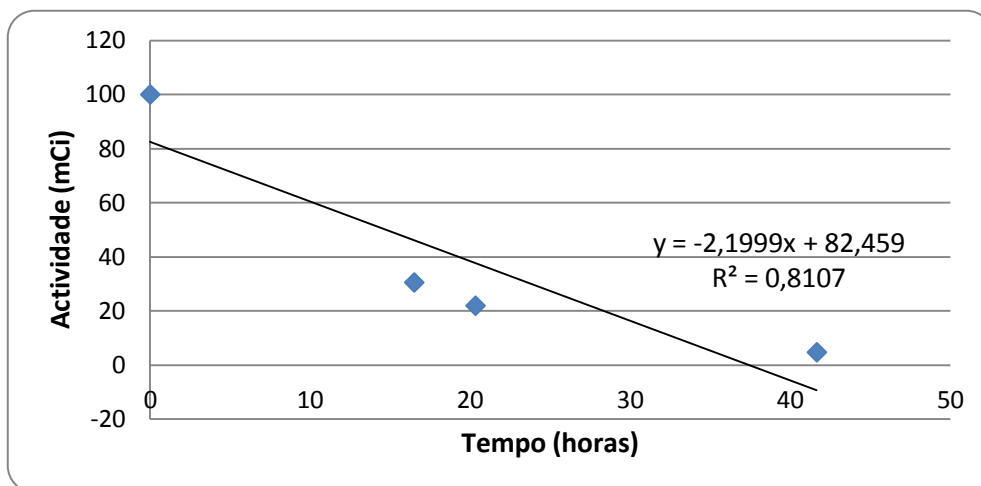


Figura 4.46 – Actividade em função do tempo para o paciente B8, zona da bexiga.

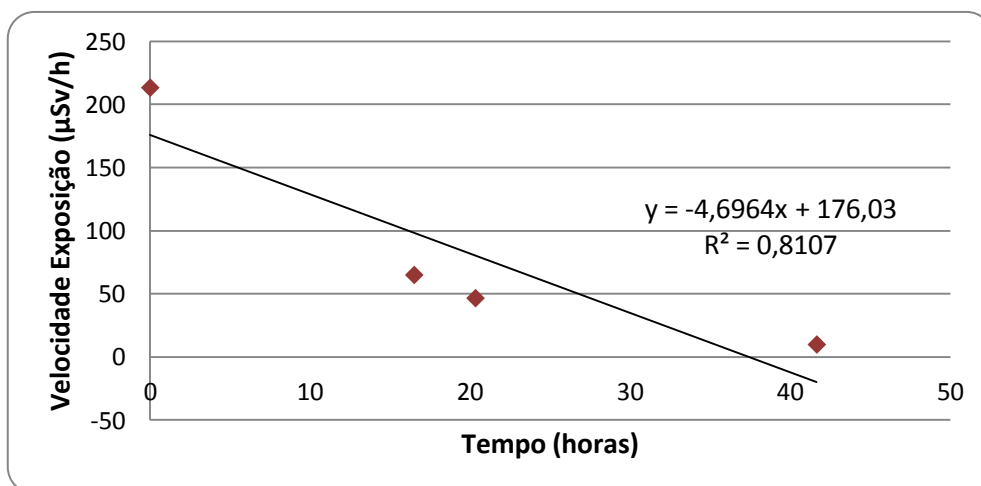


Figura 4.47 – Velocidade exposição em função do tempo para o paciente B8, zona da bexiga.

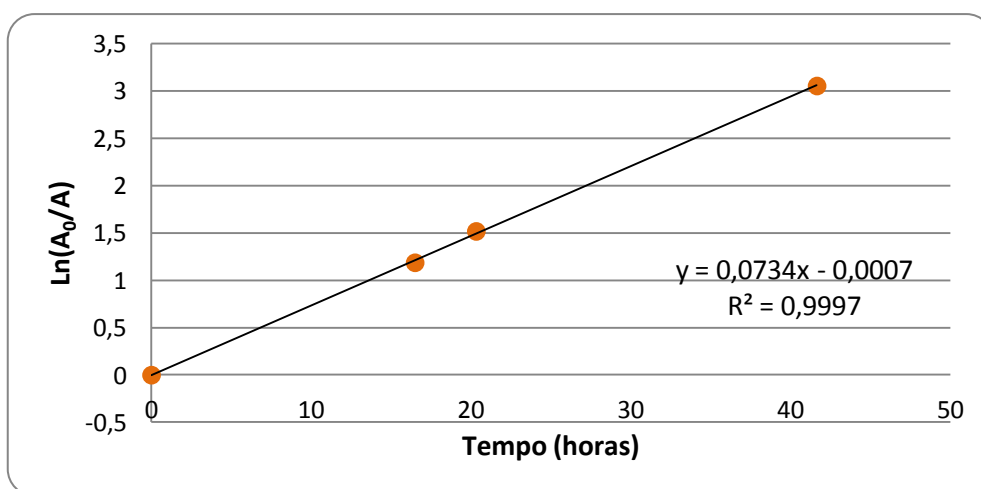


Figura 4.48 – Logaritmo da razão da actividade inicial com a actividade em função do tempo, para o paciente B8, zona da bexiga.

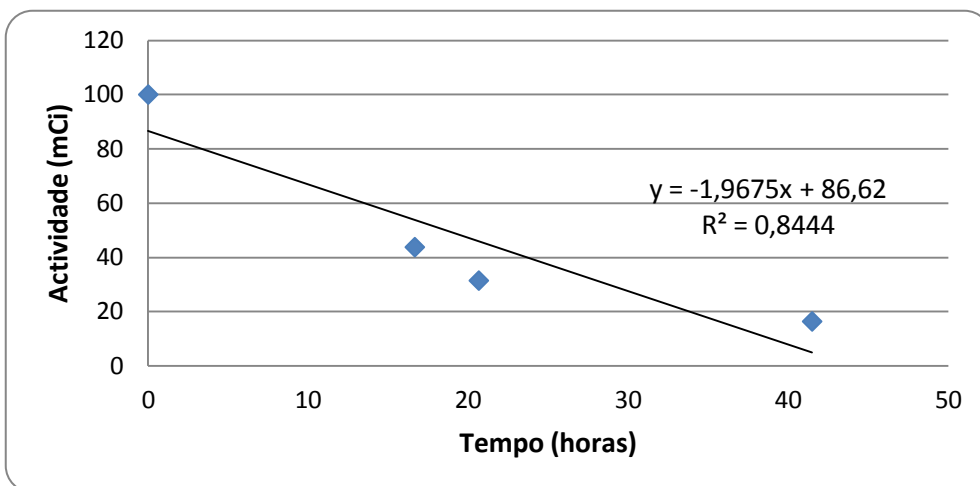


Figura 4.49 – Actividade em função do tempo para o paciente B9, zona da tiróide.

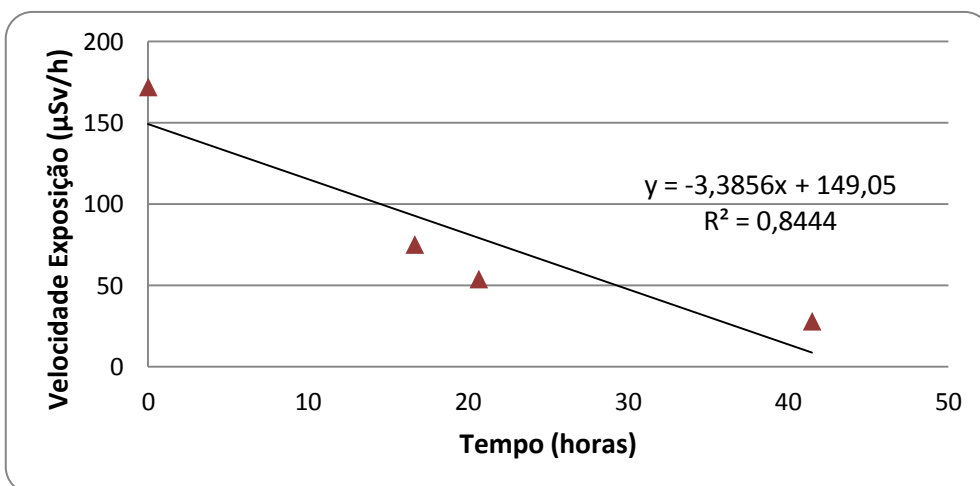


Figura 4.50 – Velocidade exposição em função do tempo para o paciente B9, zona da tiróide.

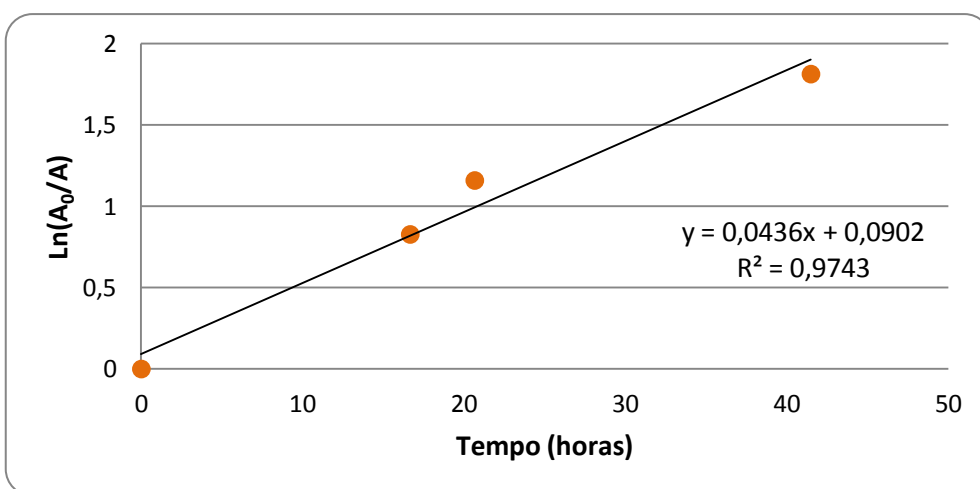


Figura 4.51 – Logaritmo da razão da actividade inicial com a actividade em função do tempo, para o paciente B9, zona da tiróide.

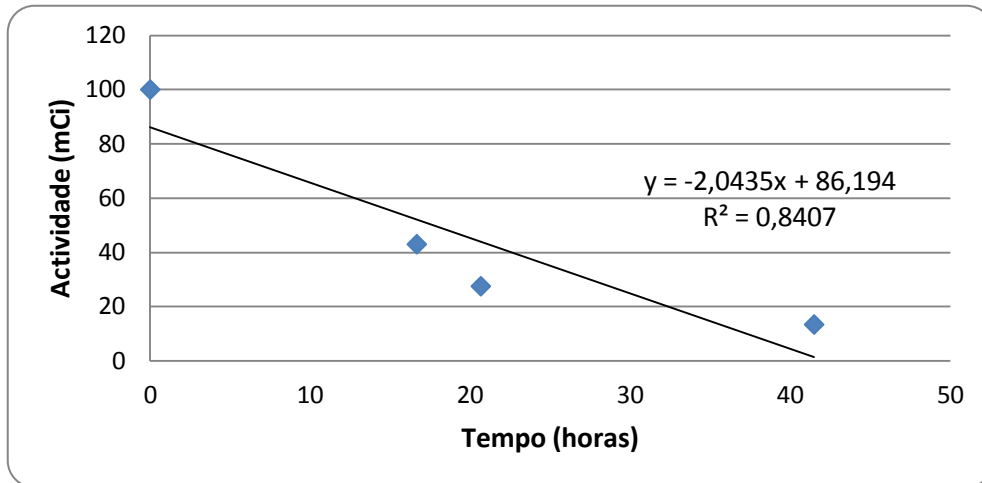


Figura 4.52 – Actividade em função do tempo para o paciente B9, zona da bexiga.

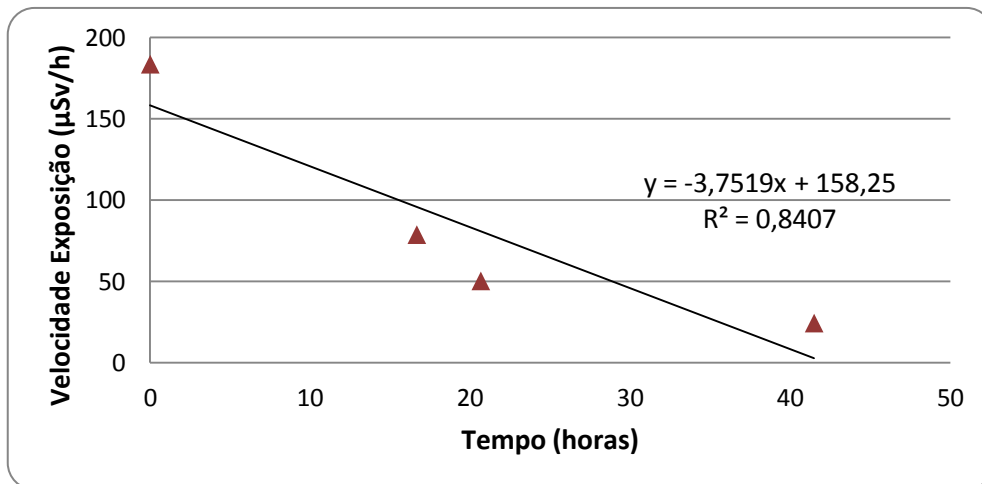


Figura 4.53 – Velocidade exposição em função do tempo para o paciente B9, zona da bexiga.

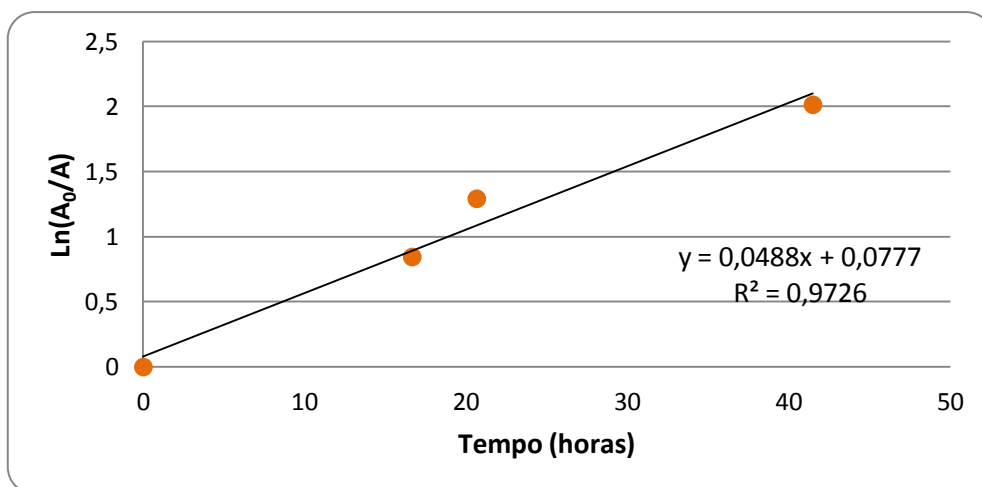


Figura 4.54 – Logaritmo da razão da actividade inicial com a actividade em função do tempo, para o paciente B9, zona da bexiga.

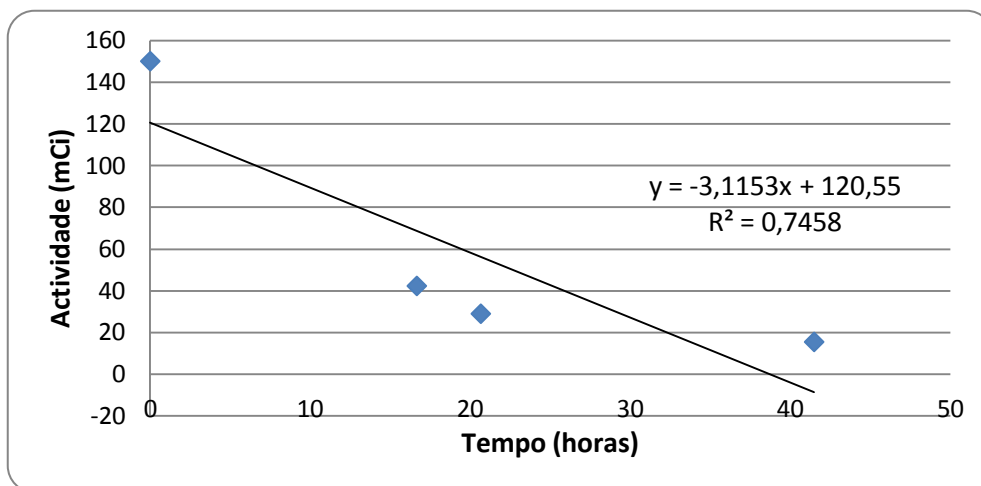


Figura 4.55 – Actividade em função do tempo para o paciente B10, zona da tiróide.

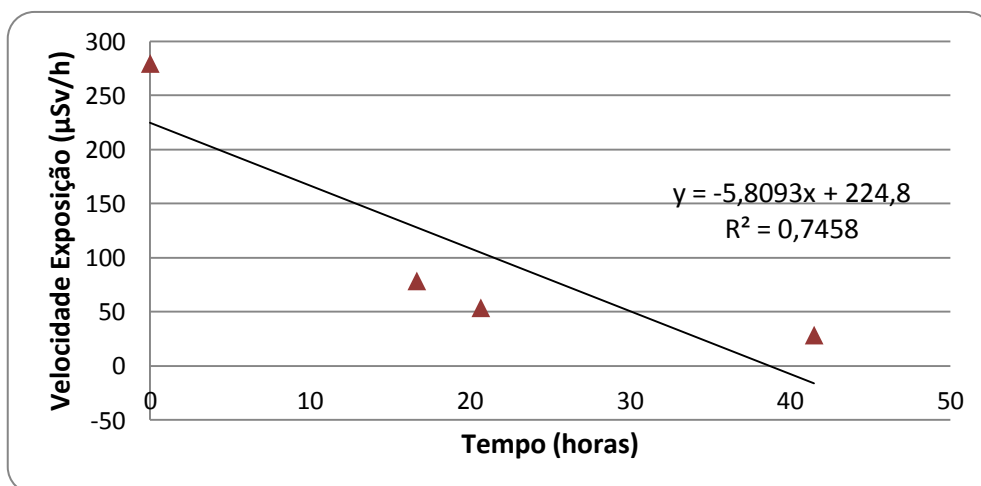


Figura 4.56 – Velocidade exposição em função do tempo para o paciente B10, zona da tiróide.

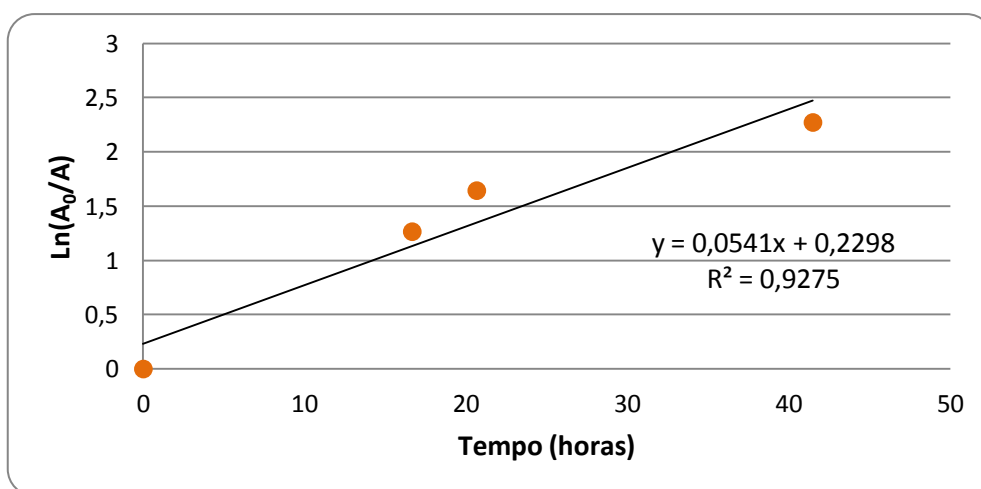


Figura 4.57 – Logaritmo da razão da actividade inicial com a actividade em função do tempo, para o paciente B10, zona da tiróide.

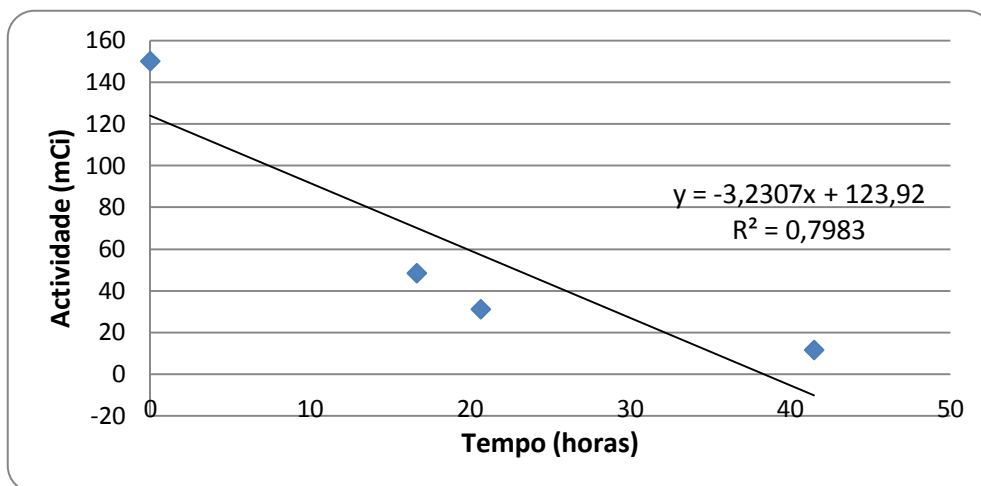


Figura 4.58 – Actividade em função do tempo para o paciente B10, zona da bexiga.

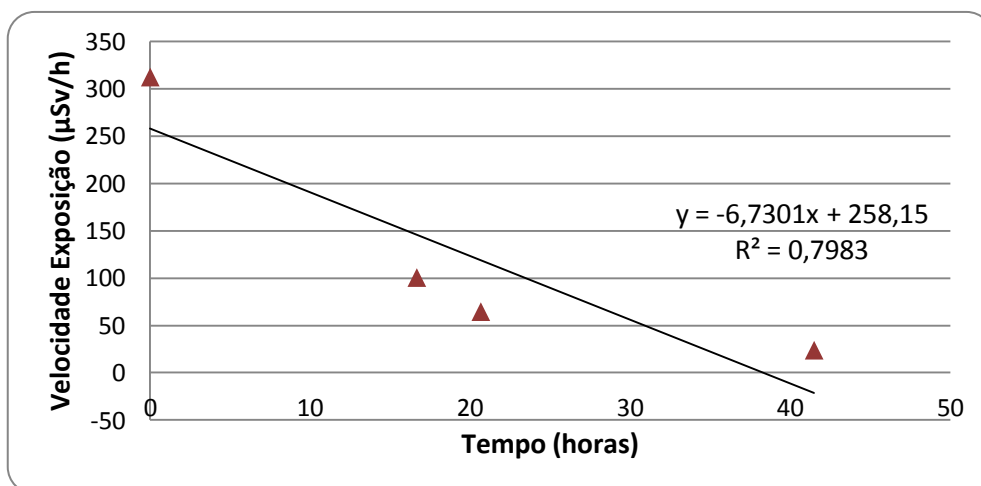


Figura 4.59 – Velocidade exposição em função do tempo para o paciente B10, zona da bexiga.

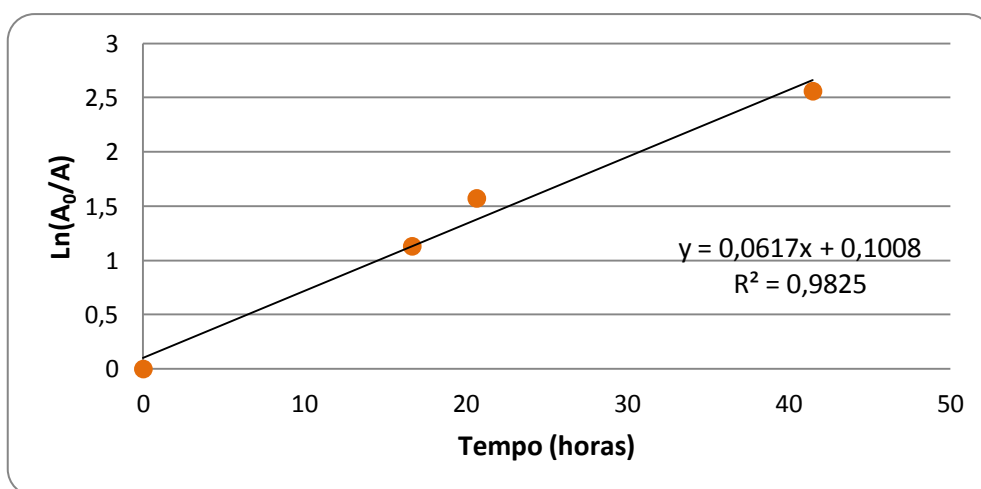


Figura 4.60 – Logaritmo da razão da actividade inicial com a actividade em função do tempo, para o paciente B10, zona da bexiga.

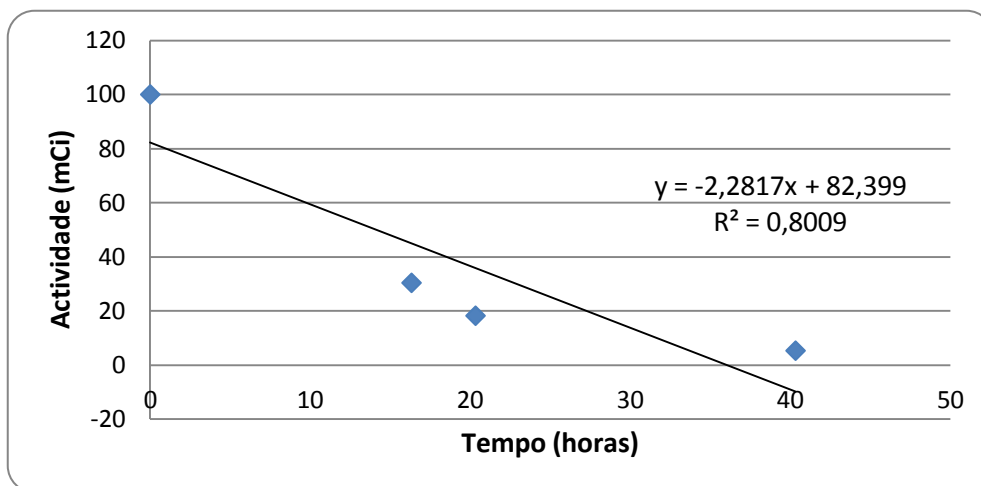


Figura 4.61 – Actividade em função do tempo para o paciente B11, zona da tiróide.

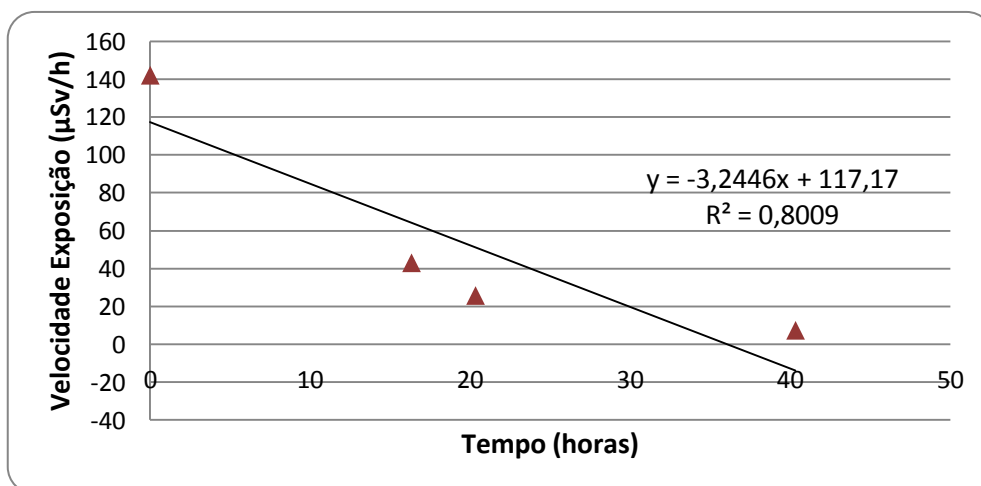


Figura 4.62 – Velocidade exposição em função do tempo para o paciente B11, zona da tiróide.

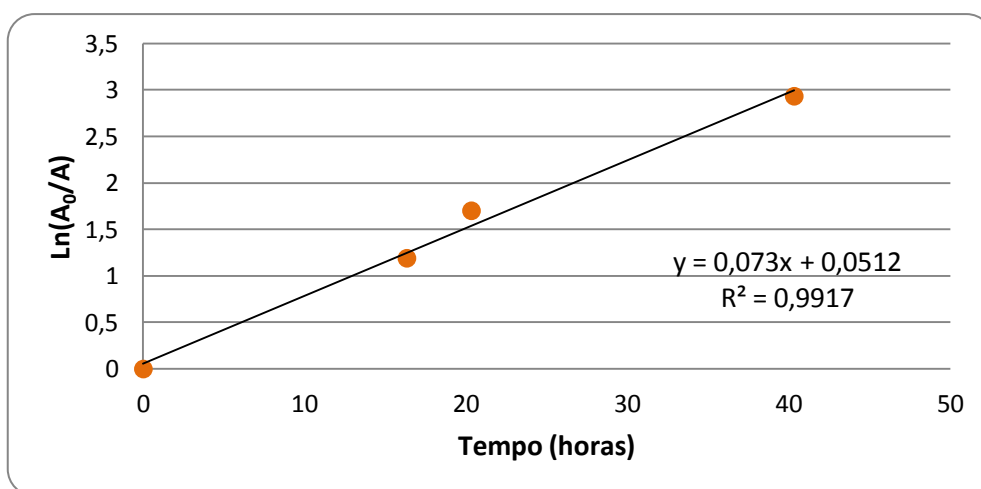


Figura 4.63 – Logaritmo da razão da actividade inicial com a actividade em função do tempo, para o paciente B11, zona da tiróide.

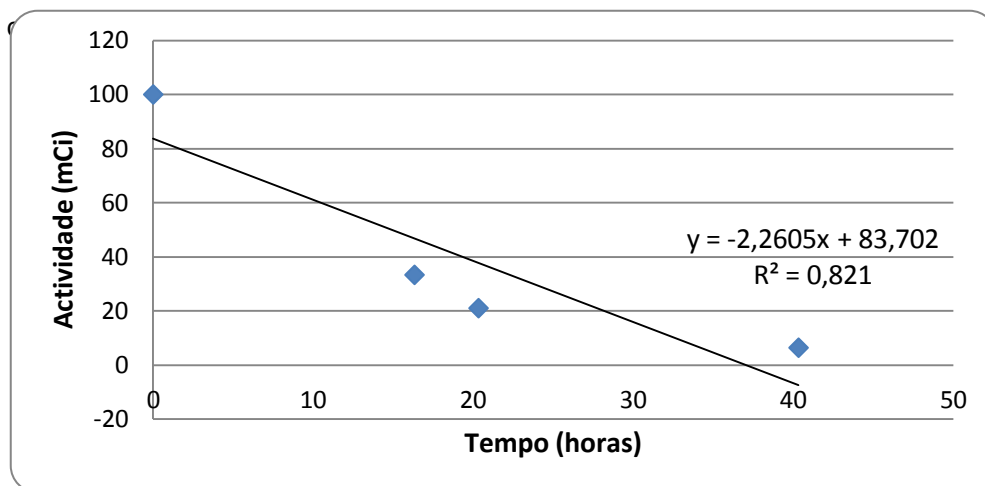


Figura 4.64 – Actividade em função do tempo para o paciente B11, zona da bexiga.

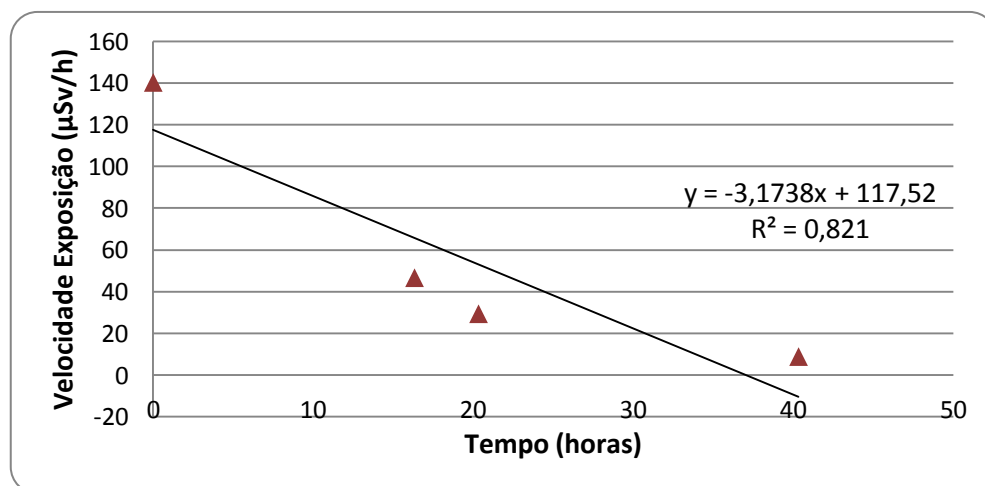


Figura 4.65 – Velocidade exposição em função do tempo para o paciente B11, zona da bexiga.

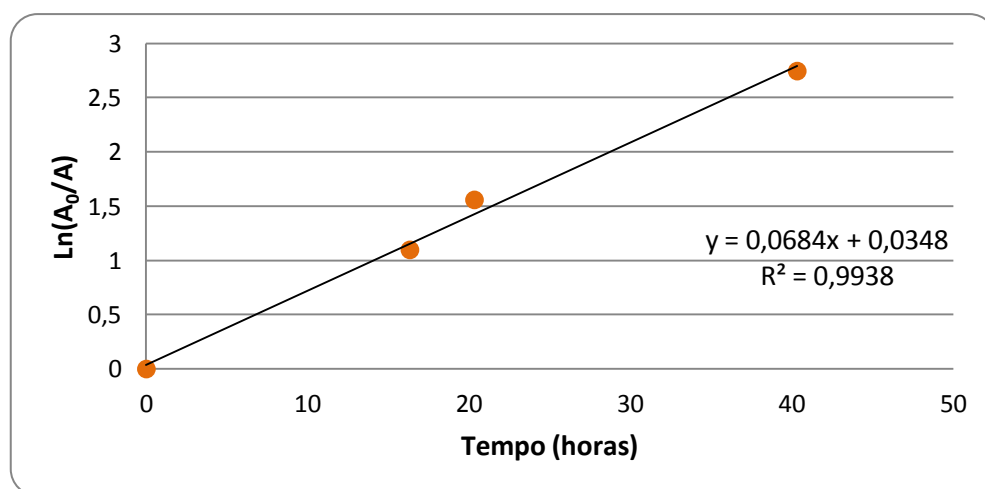


Figura 4.66 – Logaritmo da razão da actividade inicial com a actividade em função do tempo, para o paciente B11, zona da bexiga.

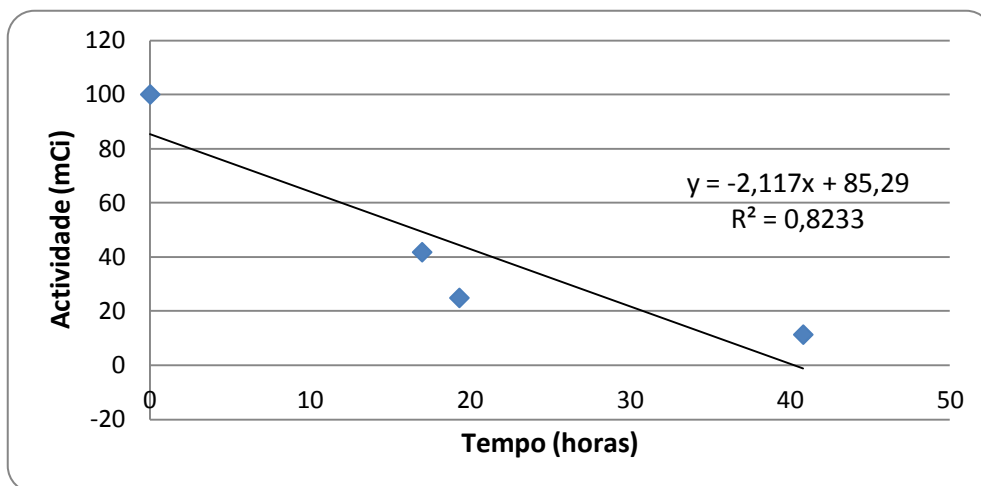


Figura 4.67 – Actividade em função do tempo para o paciente B12, zona da tiróide.

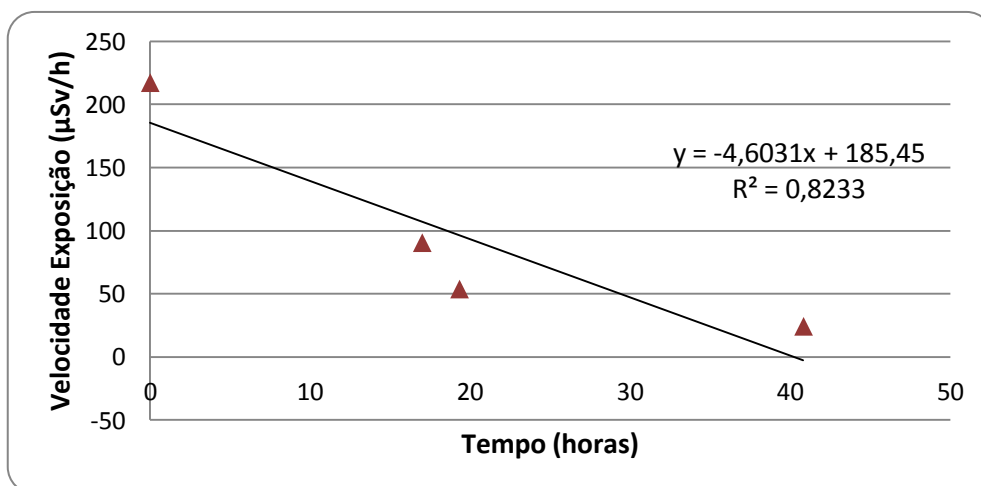


Figura 4.68 – Velocidade exposição em função do tempo para o paciente B12, zona da tiróide.

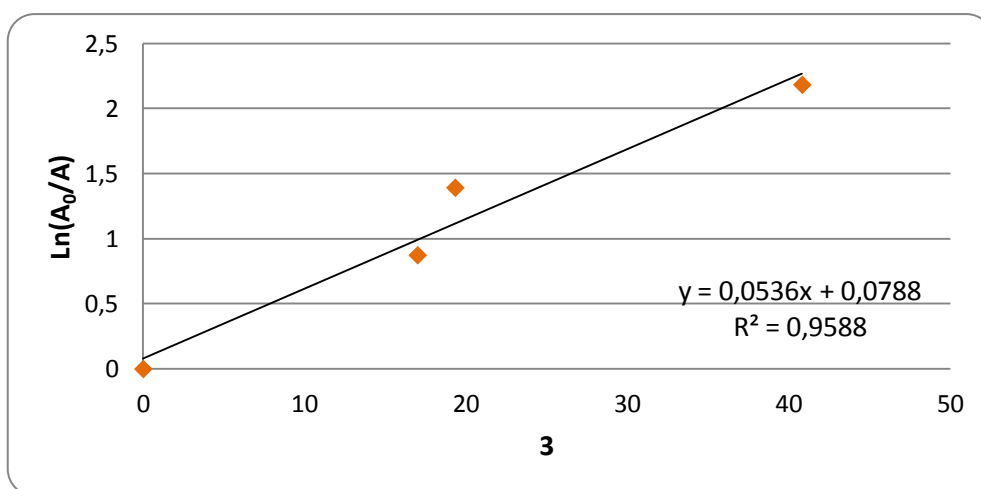


Figura 4.69 – Logaritmo da razão da actividade inicial com a actividade em função do tempo, para o paciente B12, zona da tiróide.

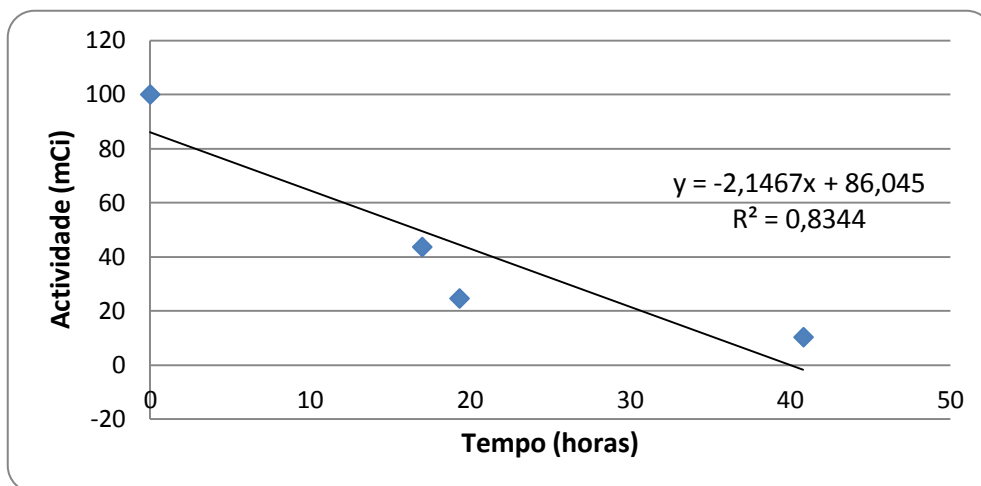


Figura 4.70 – Actividade em função do tempo para o paciente B12, zona da bexiga.

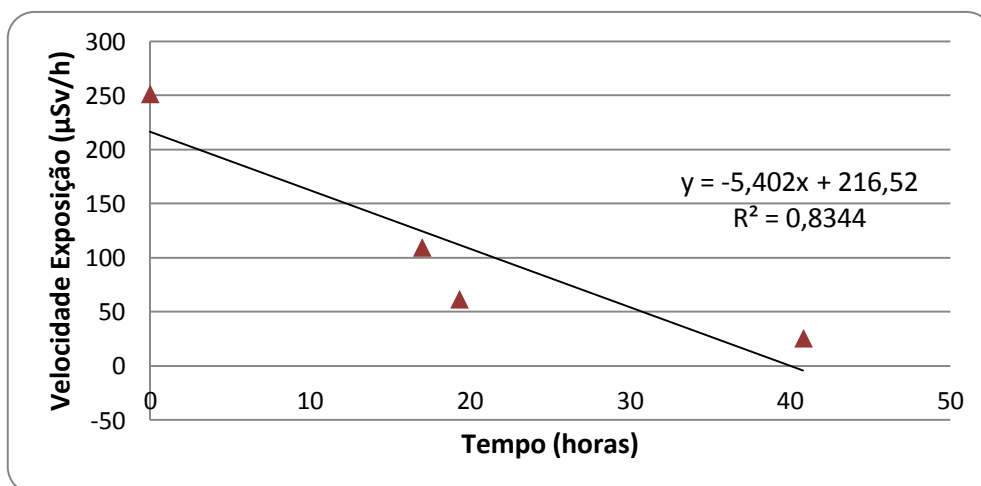


Figura 4.71 – Velocidade exposição em função do tempo para o paciente B12, zona da bexiga.

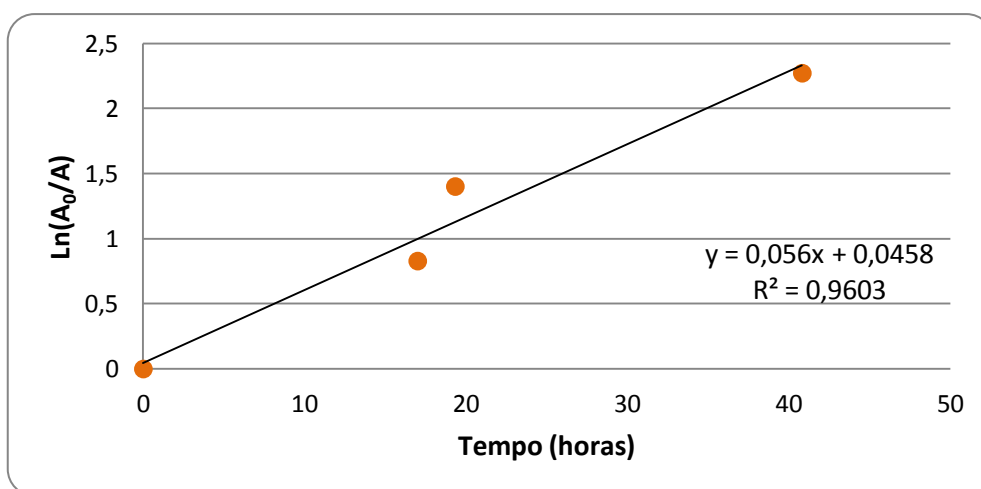


Figura 4.72 – Logaritmo da razão da actividade inicial com a actividade em função do tempo, para o paciente B12, zona da bexiga.

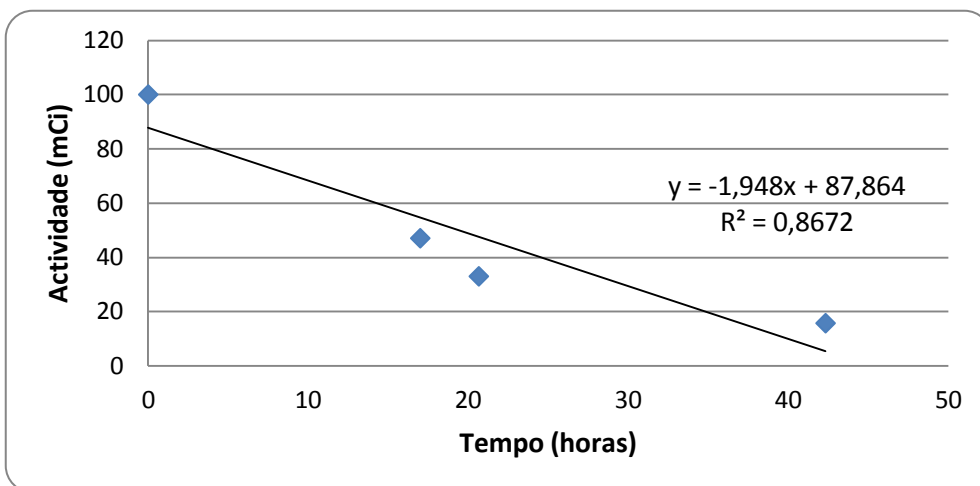


Figura 4.73 – Actividade em função do tempo para o paciente B13, zona da tiróide.

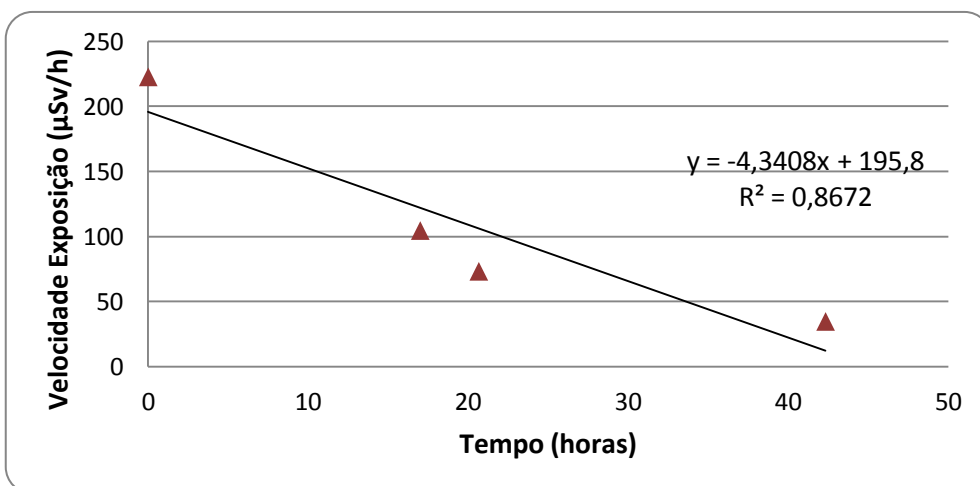


Figura 4.74 – Velocidade exposição em função do tempo para o paciente B13, zona da tiróide.

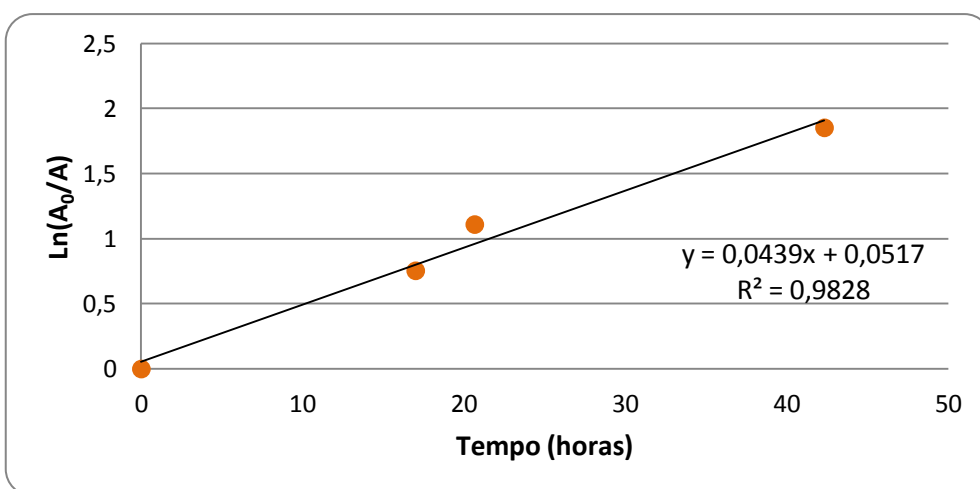


Figura 4.75 – Logaritmo da razão da actividade inicial com a actividade em função do tempo, para o paciente B13, zona da tiróide.

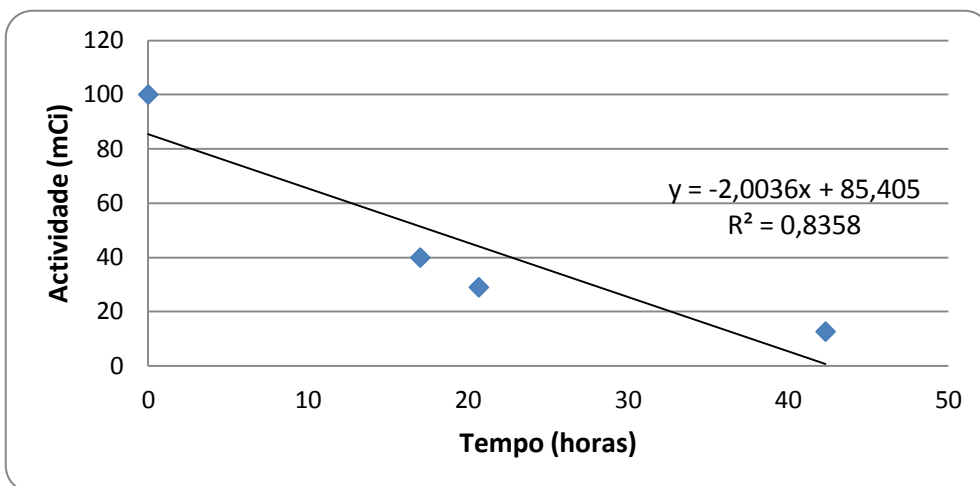


Figura 4.76 – Actividade em função do tempo para o paciente B13, zona da bexiga.

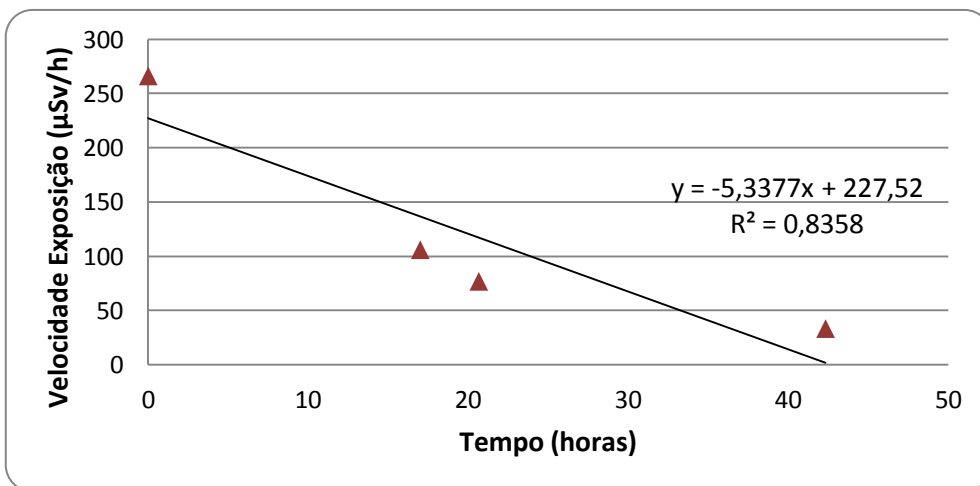


Figura 4.77 – Velocidade exposição em função do tempo para o paciente B13, zona da bexiga.

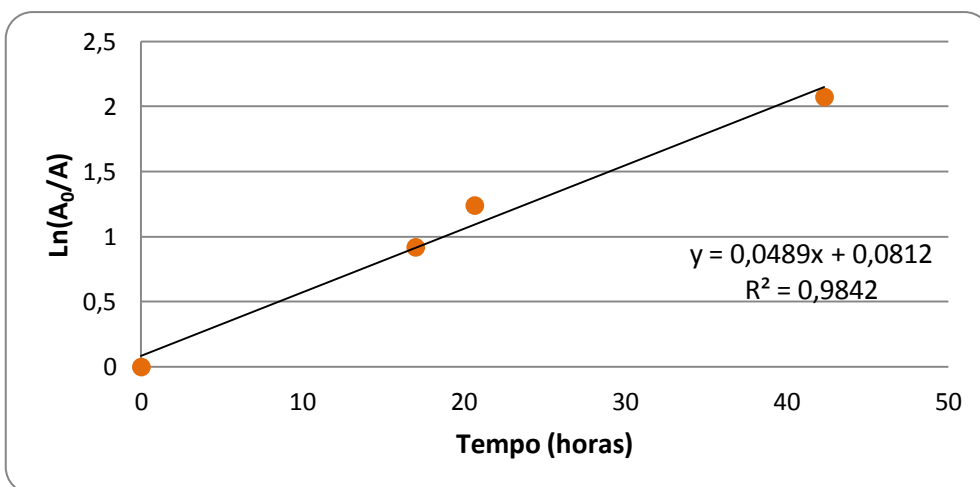


Figura 4.78 – Logaritmo da razão da actividade inicial com a actividade em função do tempo, para o paciente B13, zona da bexiga.

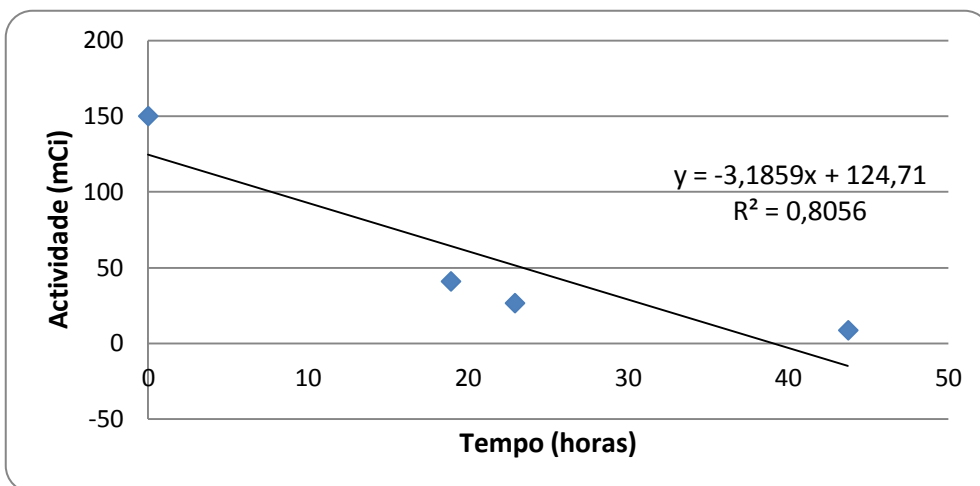


Figura 4.79 – Actividade em função do tempo para o paciente B14, zona da tiróide.

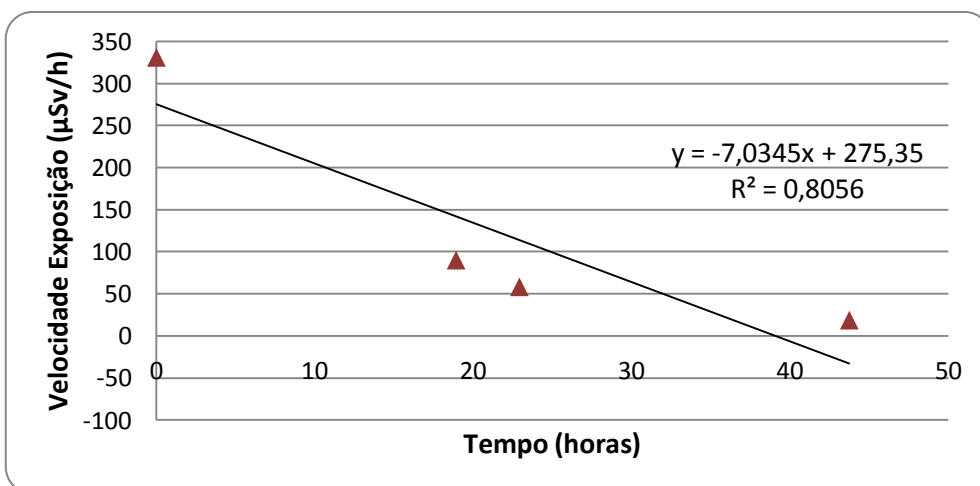


Figura 4.80 – Velocidade exposição em função do tempo para o paciente B14, zona da tiróide.

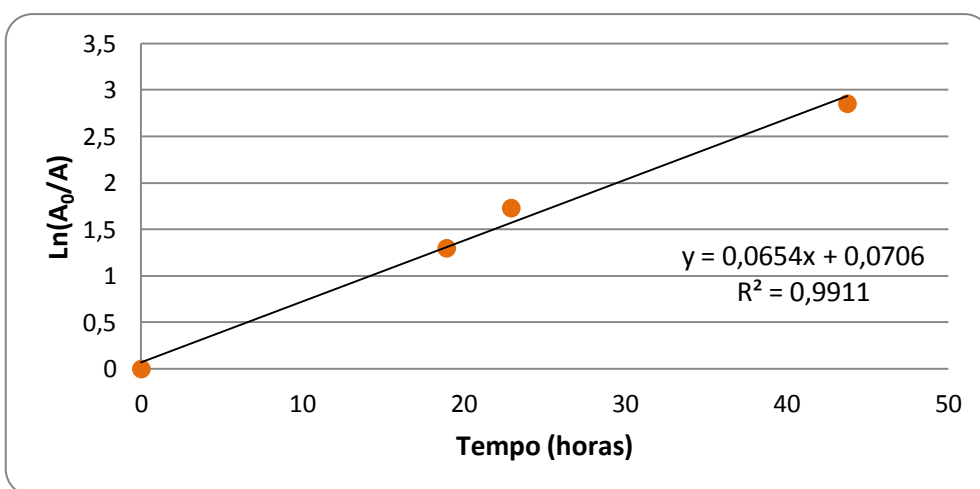


Figura 4.81 – Logaritmo da razão da actividade inicial com a actividade em função do tempo, para o paciente B14, zona da tiróide.

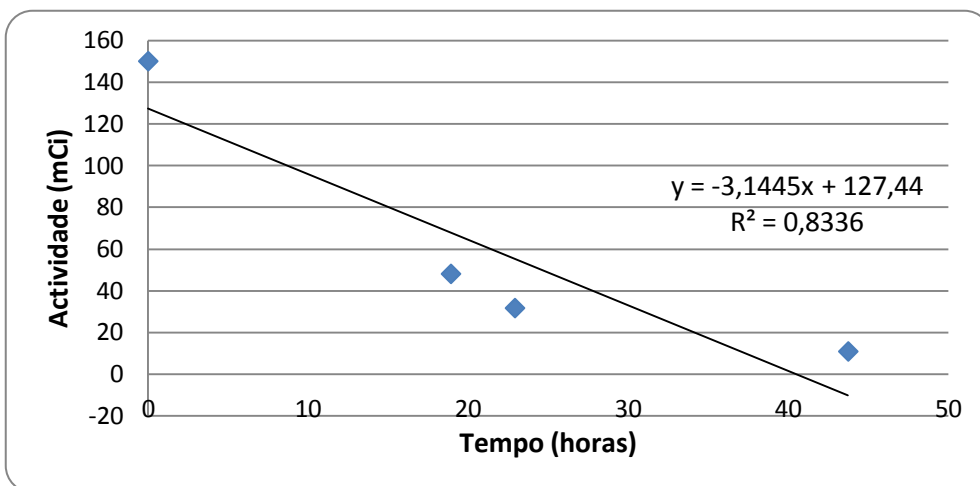


Figura 4.82 – Actividade em função do tempo para o paciente B14, zona da bexiga.

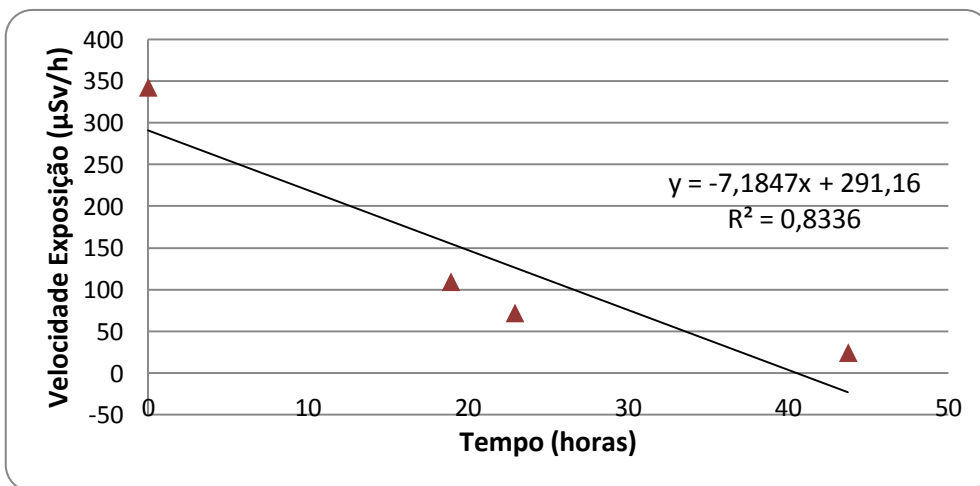


Figura 4.83 – Velocidade exposição em função do tempo para o paciente B14, zona da bexiga.

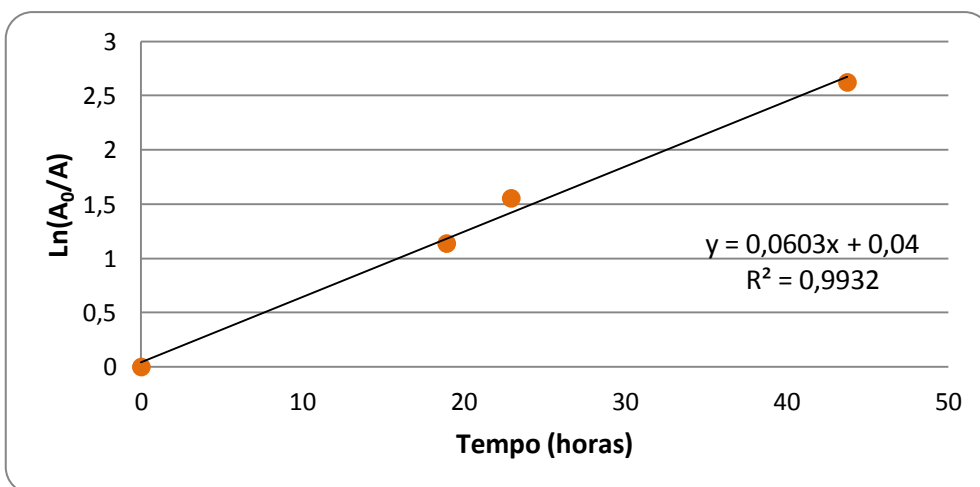


Figura 4.84 – Logaritmo da razão da actividade inicial com a actividade em função do tempo, para o paciente B14, zona da bexiga.